

Daniela Kênia Batista da Silva Oliveira

**O USO DE REPRESENTAÇÕES  
EM EXPLICAÇÕES E  
NA ARGUMENTAÇÃO**

Belo Horizonte

2013

Daniela Kênia Batista da Silva Oliveira

# **O USO DE REPRESENTAÇÕES EM EXPLICAÇÕES E NA ARGUMENTAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

Co-orientadora: Profa. Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça

Belo Horizonte

2013

*Dedico esse trabalho à minha família.*

*Tenho vários argumentos para crer que esta é a minha maior riqueza.*

*E não tenho explicações para o carinho e cuidado que sempre encontro nela.*

*Ela representa o maior amor que eu poderia receber do Senhor.*

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo e de todos eu agradeço a DEUS. Somente Ele sabe as dificuldades e angústias vividas até a conclusão desse trabalho. Sem sentir sua presença em minha vida, não teria alcançado sequer o primeiro degrau dos muitos que me permitiram subir as escadas que me trouxeram aqui.

Agradeço muito a minha família. Aos meus pais agradeço pela confiança e os esforços sem medida, que permitiram que eu conquistasse tantas vitórias que mesmo eles, com toda a sua crença no meu potencial, não poderiam imaginar que seriam alcançadas. Às minhas irmãs, agradeço pelos momentos de alegria e descontração. Com certeza eles renovaram minhas forças para seguir no caminho.

Ao meu marido Wallace preciso agradecer, acima de tudo, pela compreensão. Esta, juntamente com o companheirismo e incentivo, foram presentes durante todo um período de insegurança. Mesmo sem perceber, muitas vezes ele me apoiou com apenas um carinho.

À Rosária não é possível agradecer no espaço que tenho disponível. Todo o meu desenvolvimento, desde a graduação até aqui, seja em relação ao conhecimento já adquirido, à minha capacidade de buscar novos conhecimentos ou à minha independência enquanto profissional está relacionado e foi influenciado pela sua competência, eficiência e sabedoria. Conviver e aprender com ela ao longo de cinco anos trouxe ganhos inestimáveis que jamais imaginei e que carregarei para sempre.

Agradeço à Paula Cristina, por ter aceitado me orientar em um momento que eu tinha muito mais incertezas do que qualquer outra coisa. Sua disponibilidade para longas terdes de discussões ajudou não só na produção desse trabalho (o que é evidente!), mas principalmente a me acalmar e mostrar a potencialidade do mesmo.

Agradeço em especial a minha amiga Paula Paganini, que se fez presente nos momentos de necessidade de um “desabafo acadêmico”. Sua disposição para ouvir, sua alegria, seu otimismo, sua compreensão e seus conselhos foram essenciais para que eu superasse alguns obstáculos que surgiram ao longo do caminho.

Finalmente, agradeço a todos colegas do grupo REAGIR, cada um deles (sem exceção) contribuiu com alguma parte de seu conhecimento para a minha formação e, principalmente, para me mostrar outros horizontes enquanto estudante de Licenciatura, depois professora e agora também pesquisadora.

## RESUMO

Nesse trabalho, consideramos a importância de um ensino de ciências em que se privilegie práticas em sala de aula que se aproximem daquelas vivenciadas pelos cientistas e investigamos algumas características relacionadas às práticas epistêmicas inerentes ao trabalho dos cientistas: argumentar, explicar e representar. Assim, ele se mostra coerente com os objetivos de um ensino de ciências autêntico. Além disso, o discurso na ciência (em especial em química, foco deste trabalho) é permeado pela utilização de múltiplas representações, sendo caracterizado, então, como multimodal. Nessa perspectiva, nosso objetivo é investigar as relações que podem ser estabelecidas entre as práticas argumentar e explicar e o uso de representações durante as mesmas. Assim, as questões de pesquisa que norteiam essa pesquisa são: Como alunos do ensino médio utilizam representações em explicações e argumentações? Como a professora utiliza representações em explicações e argumentações? Como a professora contribui para que os alunos utilizem representações em explicações e argumentações?. Os dados da pesquisa foram coletados em uma turma da segunda série do ensino médio, do turno da noite, de uma escola pública estadual. Acompanhamos aulas de química nas quais os estudantes realizaram, em grupo, atividades investigativas baseadas em modelagem sobre o tema interações intermoleculares. As aulas foram filmadas, sendo que para a análise foram selecionados os trechos em que os indivíduos (estudantes e professora) utilizaram representações. Esses trechos foram transcritos e organizados de acordo com a caracterização dos mesmos como situações argumentativas ou explicativas. Para a análise, foram elaboradas categorias com as funções das representações identificadas nos discursos argumentativo e explicativo dos indivíduos. Os resultados mostraram que representações mais utilizadas foram modelos concretos, o que é coerente com os principais objetivos das tarefas realizadas pelos estudantes: elaborar e testar modelos concretos. Além disso, foram identificados diversos objetivos para a utilização das representações no discurso dos indivíduos, tais como: reforçar a fala; suprir as dificuldades dos indivíduos de se expressar verbalmente; substituir vocabulário científico específico; averiguar entendimento de aspectos conceituais etc. Concluímos que as representações (sejam gestuais, visuais, concretas etc.) constituem parte importante da argumentação e explicação realizadas pelos estudantes e professora no processo de ensino e aprendizagem e que ela desempenha ações específicas que favorecem a utilização de representações pelos estudantes. Além disso, confirmamos as contribuições de atividades de modelagem para a aprendizagem dos alunos, pois elas favoreceram aos mesmos se expressar de outro modo (além do verbal, comum em salas de aula de química). As reflexões decorrentes deste trabalho culminaram com a emergência de novas questões de pesquisa que podem contribuir para a produção de outros conhecimentos na área.

## ABSTRACT

In this study, we assume the importance of science teaching fostering practices in classrooms that are close to those experienced by scientists, and investigate some features related to the epistemic practices inherent to the work of scientists: to argue, to explain, and to represent. Therefore, it is in accordance with the aims of an authentic science teaching. Moreover, the science discourse (in special the chemical one, focus of this study) occurs from the use of multiple representations, thus being characterised as multimodal. From this perspective, we aim at investigating the relationships that can be established between to argue, to explain, and to use representations during such discursive practices. So the research questions addressed in this study are: How do medium level students use representations when explaining and arguing? How does the teacher use representations when explaining and arguing? How does the teacher contribute to students use of representations when explaining and arguing? The data were collected in a nocturnal second grade medium level class, in a public state school. In the chemistry lessons, students participated in modelling-based activities about interatomic interactions. The lessons were video-recorded, and the parts in which students and the teacher used representations were selected to be analysed. Such parts were transcribed and organised according to their characterisation as argumentative or explicative situations. In order to support the analysis, we produced a system of categories identified in both the argumentative and the explicative individuals' discourse. The results showed that the main mode of representation used were the concrete one, which is in accordance with the main aims of the activities performed by the students: to produce and test concrete models. Additionally, we identified several aims for using representations in the individuals' discourse: to reinforce the speech; to help when individuals have difficulties in expressing their ideas verbally; to substitute specific scientific vocabulary; to check the understanding of conceptual issues, etc. We conclude that the (gestual, visual, concrete, etc.) representations were an important part of argumentation and explanations performed by both students and the teacher, and that the teacher performed particular actions that favour students' use of representations. Moreover, we confirmed the contributions of modelling-based activities to students' learning, since they foster them to express their ideas in a mode distinct from the verbal one (frequently used in chemistry lessons). From the reflections motivated by this study, new research questions that may contribute to the production of other relevant knowledge in the area emerged.

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
O Tema de Pesquisa.....	1
Estrutura da Dissertação.....	3
CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
Representações, Explicação e Argumentação no Ensino de Ciências .....	5
Explicação .....	9
O termo explicação .....	9
Explicando as explicações .....	10
Explicação no ensino de ciências.....	16
Argumentação.....	19
Os termos argumento e argumentação.....	19
Explicando a argumentação.....	20
Argumentando a favor da argumentação no ensino de ciências.....	25
Explicação e Argumentação .....	32
O Uso de Representações no Ensino de Ciências.....	37
Modelagem.....	45
CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DESTA PESQUISA .....	50
Definição dos Objetivos Gerais e Questões de Pesquisa.....	50
Unidade Didática sobre Interações Intermoleculares.....	50
CAPÍTULO 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	55
Coleta de Dados e Amostra.....	55
Análise dos Dados .....	58
Situação explicativa.....	59

Situação argumentativa.....	62
CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	66
O Sistema de Categorias.....	66
Análise dos Dados .....	70
Diálogos.....	71
Aspectos gerais .....	139
CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES .....	147
Discussão das Questões de Pesquisa .....	147
Principais Contribuições e Implicações Deste Trabalho .....	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	155
ANEXO .....	161
Unidade Didática de Interações Intermoleculares .....	161

## CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

### O Tema de Pesquisa

O tema da dissertação surgiu, principalmente, a partir dos trabalhos produzidos no grupo de pesquisa REAGIR: Modelagem e Educação em Ciências (do qual eu participo desde 2007) e das discussões acerca destes e de outros assuntos em nossas reuniões. Nessas discussões, sempre estão presentes estudos sobre educação em ciências em geral e os desafios para a pesquisa e para o próprio ensino de ciências.

Um dos grandes desafios para o campo relaciona-se com a promoção de um ensino de ciências mais autêntico em detrimento do ensino tradicional. Este último pode ser caracterizado pela ênfase na memorização; discurso de autoridade do professor; visão ingênua acerca dos cientistas e suas práticas etc. No sentido contrário, na perspectiva do ensino de ciências autêntico almeja-se uma maior aproximação com a própria ciência a partir do envolvimento dos estudantes em alguns dos processos de construção e desenvolvimento da ciência. Dessa forma, busca-se evidenciar os aspectos centrais da ciência que permitem à mesma ser vista como uma das principais realizações da humanidade nos últimos séculos, assim como os aspectos tecnológicos que solucionam alguns dos problemas dos seres humanos, favorecendo uma economia próspera, o bem-estar social e a saúde dos indivíduos (Gilbert, 2004).

É nessa perspectiva que vários trabalhos foram e são produzidos pelos integrantes de nosso grupo de pesquisa. Como o próprio nome do grupo indica, o foco principal dos trabalhos é o ensino fundamentado em modelagem, entendida como um processo dinâmico de construção, revisão, utilização e avaliação de modelos. Nesse sentido, foram produzidas várias unidades didáticas para o ensino de temas químicos nas quais os alunos participam de atividades que favorecem a vivência das principais etapas da modelagem<sup>1</sup> (produção, expressão, teste e avaliação de modelos) (Justi & Gilbert, 2002a). Todas essas unidades didáticas foram aplicadas em salas de aula de diferentes contextos de ensino. A maioria dessas aplicações gerou dados que subsidiaram a discussão de questões de pesquisa relacionadas ao

---

<sup>1</sup> Discutimos mais sobre a modelagem no capítulo 3, quando caracterizamos esta pesquisa.

aprendizado conceitual (Maia & Justi, 2009b; Mendonça & Justi, 2011; Souza & Justi, 2012) e ao desenvolvimento de habilidades investigativas (Maia & Justi, 2009a), de visualização (Gilbert, Justi, & Queiroz, 2010) e argumentativas dos alunos (Mendonça & Justi, 2013b). Quando tive contato com esses trabalhos, comecei a conhecer o potencial e as possibilidades de uso das representações no ensino de ciências. Na maioria dos trabalhos realizados no grupo até o momento, a área de interesse tem sido a química. Esta pode ser caracterizada como sendo a ciência que busca entender, explicar, explorar as substâncias e materiais, suas propriedades e transformações. Para isso os químicos recorrem a entidades abstratas, bem como a uma linguagem específica, o que a torna uma ciência complexa. Isso pode contribuir para a dificuldade e o desinteresse muito comum entre os estudantes, principalmente quando o ensino é tradicional, isto é, marcado pela não transição entre os níveis do conhecimento químico (fenomenológico, representacional e teórico), pela ausência de contextualizações reais (e não pseudo-contextualização) e pela transmissão direta dos conhecimentos para o aluno.

Meu interesse por representações cresceu mais após o contato com uma dissertação específica, em que a autora pesquisava as habilidades dos alunos ao lidar com vários tipos de representação (Queiroz, 2009). A qualidade desse trabalho (em termos de riqueza de dados, ampla revisão da literatura, clareza da análise e indicação de implicações para o ensino) intensificou meu interesse pelas inúmeras possibilidades acerca do tema representações.

Quando alguns pesquisadores do grupo se propuseram a investigar o relacionamento entre habilidades argumentativas e ensino fundamentado em modelagem, tivemos acesso a diversos estudos que destacavam as características da argumentação e as possibilidades da mesma frente ao ensino de ciências. Quando tive o contato inicial com esse tema, ele se mostrou de uma complexidade maior do que eu poderia esperar do “simples ato de argumentar”. Tal complexidade é evidenciada em um dos trabalhos produzidos no grupo, no qual é feita uma ampla revisão da literatura acerca dessa prática epistêmica (Mendonça, 2011). Porém, além das dificuldades, esse trabalho trouxe também a noção da importância desse tema para a educação, e conseguiu “evidenciar e justificar” para mim a necessidade de se estudar mais acerca da argumentação no ensino.

A partir dos trabalhos aqui destacados e do conhecimento de outros estudos afins, emergiu a ideia da temática desta dissertação. Aliás, devo dar crédito especial a minha orientadora que, sabendo do meu interesse em representações, me sugeriu investigar o uso

dessas no discurso argumentativo. Assim, o meu interesse foi aliado à uma tendência de estudo do campo da educação: as representações e a argumentação (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008). O tema explicações apareceu no decorrer da pesquisa, quando tivemos contato com os dados e vimos que as possibilidades destes eram maiores do que as que visualizávamos inicialmente. Nós percebemos que as representações eram elaboradas e utilizadas em momentos de argumentação e explicação, com grande importância nas duas situações. E ao fazer uma revisão da literatura percebemos que investigar o uso de representações em práticas discursivas é uma área de estudo em ascensão (Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2003; Mendonça & Justi, 2013b). Assim, ampliamos nosso foco de estudo e propusemos as questões de pesquisa que são apresentadas adiante no trabalho.

### **Estrutura da Dissertação**

Neste primeiro capítulo da dissertação, apresentamos o tema de pesquisa. Explicamos como surgiu o interesse em investigar o tema geral desse trabalho: o uso das representações em argumentações e explicações. Para isso, apresentamos alguns dos trabalhos produzidos no grupo de pesquisa do qual participamos e como os mesmos influenciaram a escolha pelo tema desse trabalho. Ainda no mesmo capítulo, fazemos uma descrição geral da estrutura dessa dissertação (presente seção).

No capítulo 2, apresentamos a revisão da literatura sobre as práticas epistêmicas que são o foco desse trabalho: representar, explicar e argumentar. Primeiramente, apresentamos uma perspectiva geral das representações, explicações e argumentação no que tange a alguns documentos com orientações para a educação e alguns trabalhos que relacionam essas práticas. A segunda parte da revisão é focada nas explicações. Apresentamos alguns esclarecimentos sobre o termo *explicações* e um panorama de trabalhos da área da ciência e do ensino de ciências. Na terceira parte do capítulo fazemos uma caracterização semelhante, porém, em relação à argumentação. Em seguida, apresentamos uma discussão envolvendo explicação e argumentação a partir de trabalhos que problematizam essas duas práticas discursivas, relacionando uma com a outra, apresentando algumas diferenças e semelhanças envolvendo ambas etc. Finalmente, na última seção deste capítulo, focamos no uso das representações. Apresentamos alguns trabalhos que destacam a multimodalidade na ciência e, no ensino de ciências, evidenciando a importância das representações no discurso científico. Em seguida, destacamos os modos representacionais pelos quais os indivíduos podem

aprender, ensinar e se comunicar na ciência e no ensino da mesma e destacamos alguns trabalhos que ilustram a importância das representações.

No capítulo 3, fazemos a caracterização da pesquisa, apresentando os objetivos gerais da mesma e as questões que nortearam o trabalho. Em seguida, discutimos alguns aspectos da modelagem e do ensino fundamentado em modelagem, contexto geral da coleta de dados nesse trabalho. Apresentamos suas possíveis contribuições, algumas características centrais da mesma e outros trabalhos que também envolvem modelagem. Ao final desse capítulo, apresentamos a unidade didática utilizada nesse trabalho, explicamos os objetivos de cada atividade, como elas devem ser trabalhadas e a sua relação com a modelagem.

O capítulo 4 é referente aos aspectos metodológicos. Nele descrevemos como foram realizadas a seleção e análise dos dados. Além disso, apresentamos os instrumentos criados para a caracterização das situações explicativas e argumentativas, destacando em quais referenciais da revisão da literatura nos embasamos para essa caracterização.

No capítulo 5, apresentamos os resultados da análise juntamente com a discussão dos mesmos. Primeiramente apresentamos um sistema de categorias criado no próprio trabalho para nos auxiliar na análise da função de cada representação utilizada durante a realização da unidade didática. Em seguida apresentamos os dados e a nossa análise esquematizada em quadros (pois esta foi a melhor maneira encontrada para organizar essas informações). Ao final do capítulo, destacamos alguns resultados que possibilitaram uma discussão de aspectos gerais em relação às situações explicativas e argumentativas e as representações mais utilizadas pelos indivíduos durante os diálogos registrados.

Finalmente, no capítulo 6, apresentamos as conclusões desse trabalho tendo em vista as nossas questões de pesquisa, os resultados e a análise dos mesmos. Apresentamos também as implicações que emergiram do nosso trabalho para pesquisas futuras.

## CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA

### Representações, Explicação e Argumentação no Ensino de Ciências

O uso de representações no ensino de ciências é algo comum (Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2006). Ainda que não seja de forma consciente e sistematizada, professores e alunos utilizam diversas representações no cotidiano escolar.

Os professores elaboram e apresentam representações com diversos objetivos (Márquez et al., 2003, 2006). Por exemplo, para auxiliar os alunos no entendimento de aspectos conceituais, para facilitar a visualização de aspectos abstratos, para simular experimentos etc. Por outro lado, os alunos utilizam as representações em situações semelhantes às citadas anteriormente, mas também quando têm dificuldade de expressar suas dúvidas verbalmente (seja escrita ou oral) ou com o vocabulário específico (Padilha & Carvalho, 2011; Piccinini & Martins, 2004). Portanto, as representações estão presentes em diversas situações para viabilizar ou facilitar a comunicação e o entendimento no processo de ensino e aprendizagem.

Considerando a relevância do uso das representações, documentos norteadores do campo da educação apresentam orientações diretas em relação ao desenvolvimento dessas no ensino de ciências (AAAS, 1999; DfEE, 1999; MEC, 2000; NRC, 2012). Em nível nacional, os *Parâmetros Curriculares Nacionais*, apontam algumas habilidades relacionadas às representações, que os alunos devem desenvolver:

- *“Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones...).*
- *Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.*
- *Identificar analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações.*
- *Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos socioeconômicos, científicos ou cotidianos.”* (MEC, 2000, p. 12).

Neste documento, são destacadas diferentes formas de representação que são associadas a habilidades gerais da área de ciências e da matemática. Além disso, a

recomendação de que o ensino seja voltado ao desenvolvimento dessas habilidades demonstra a importância das representações para o ensino de ciências.

Em nível internacional, o National Research Council (NRC), no documento “*A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*” (NRC, 2012) discute em detalhes o uso de modelos<sup>2</sup> no ensino de ciências. Nesse documento, modelos são entendidos como representações explícitas, que são de alguma forma análogas ao que representam. Eles possuem uma determinada abrangência e limitações, pois são aproximações. Também nesse documento, são trazidas algumas tarefas esperadas para o desenvolvimento dos alunos. Por exemplo: construir desenhos ou diagramas como representações de eventos ou sistemas; representar e explicar fenômenos com uso de múltiplos tipos de modelos e transitar com facilidade entre os tipos de modelos, de acordo com a utilidade deles para diferentes propósitos.

Assim como as representações, as explicações também são frequentemente usadas nas salas de aula de ciências (Braaten & Windschitl, 2011; Mendonça & Justi, 2013a). O discurso dos professores é centrado, principalmente, na elaboração e apresentação de explicações sobre os processos e entidades do mundo natural. Dessa forma, é importante considerar a associação entre essas duas práticas epistêmicas. Muitas vezes, por exemplo, as representações são parte essencial em uma explicação, possibilitando que a mesma seja compreendida. O documento americano (NRC, 2012) também enfatiza a importância de explicações no ensino de ciências e destaca, inclusive, que as orientações sobre as explicações são relacionadas aos modelos, como evidencia o trecho sobre as capacidades que os alunos devem ter:

- *“Construir suas próprias explicações de fenômenos usando o conhecimento de teorias cientificamente aceitas e ligando-as a modelos e evidências.*
- *Usar evidências científicas primárias ou secundárias e modelos para dar suporte ou refutar uma descrição explicativa para um fenômeno.*

---

<sup>2</sup> O documento em questão apresenta dois tipos de modelos: os mentais e os conceituais. Os modelos mentais são internos, pessoais, idiossincráticos, incompletos, instáveis e essencialmente funcionais. Eles são uma ferramenta do pensamento, para fazer previsões e dar sentido às experiências ou fenômenos (p. 56). O trecho em questão do NRC faz referência, principalmente, ao modelo conceitual quando traz as orientações para o ensino. Por isso, embora sejam reconhecidos os dois tipos de modelos, optamos por enfatizar o conceitual em nosso trabalho. E, assim como no texto original, nos referimos a ele somente como modelo (em detrimento de modelo conceitual).

- *Propor explicações causais apropriadas para o seu nível de conhecimento científico.*
- *Identificar as lacunas ou os pontos fracos em descrições explicativas (próprias ou de terceiros).” (NRC, 2012, p. 69).*

Ainda considerando o discurso de professores e alunos no ensino de ciências, outra prática importante é a argumentação. Porém, esta não é tão comum em salas de aula (Duschl & Osborne, 2002; Mendonça & Justi, 2013a) quando comparada ao uso de representações e explicações. É importante destacar que, mesmo no caso das explicações, essas estão muito presentes no discurso do professor com o objetivo de tornar os conceitos claros e inteligíveis para os alunos. No entanto, a produção de explicações de forma autônoma pelos estudantes não é um processo incentivado nas salas de aula. O que se identifica comumente, por parte dos estudantes, é a utilização de conhecimento declarativo. No processo de construção do conhecimento, se os estudantes, de fato, elaborassem explicações acerca dos aspectos conceituais, possivelmente a argumentação seria parte desse processo na busca de se produzir explicações mais adequadas para os fenômenos em determinadas situações.

Os motivos para a baixa frequência da argumentação e as suas possibilidades para o ensino são melhores discutidos em outra seção deste trabalho (Argumentando a favor da argumentação no ensino de ciências). Em contrapartida, documentos e pesquisas (Berland & Reiser, 2008; Duschl & Osborne, 2002; MEC, 2000; Mendonça & Justi, 2013b; NRC, 2012) têm evidenciado a relevância das práticas argumentativas para o aprendizado de ciências de forma mais ampla. Um exemplo é a importância dada a esse tema em documentos nacionais para educação, como o PCN+ (MEC, 2001b), que destaca a competência de *analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia*. Nesse mesmo documento, são dadas mais diretrizes em relação a cada disciplina das chamadas ciências naturais, sendo que para cada uma é detalhado o papel da argumentação de forma mais contextualizada e esclarecendo o que se espera do aluno a esse respeito.

No documento americano (NRC, 2012), a seção dedicada à argumentação também ressalta a importância desta para o ensino, ao discutir sobre o seu papel na ciência e na sociedade. Considerando os argumentos, de modo geral, como afirmativas justificadas com o uso de evidências, o documento explicita o que se espera dos alunos em relação a essa prática epistêmica:

- *“Construir um argumento científico mostrando como dados dão suporte a uma afirmativa.*

- *Identificar possíveis pontos fracos em argumentos científicos, apropriados ao nível de conhecimento dos estudantes, e discutir sobre eles utilizando o raciocínio e evidências.*
- *Identificar falhas nos próprios argumentos, modificá-los e melhorá-los em resposta a críticas.*
- *Reconhecer que os elementos constituintes gerais de argumentos são afirmativa, dado e justificativa e distinguir esses elementos em exemplos.*
- *Explicar a natureza de controvérsias no desenvolvimento de uma ideia científica, descrever o debate desencadeador da mesma, e indicar porque uma teoria particular obteve sucesso.*
- *Explicar como afirmativas em relação ao conhecimento são julgadas pela comunidade científica e articular as vantagens e limitações da revisão entre os pares e a necessidade da replicação independente das investigações.*
- *Ler os relatos da mídia relacionados à ciência ou tecnologia de uma maneira crítica de modo a identificar seus pontos fortes e fracos.” (NRC, 2012, pp. 72-73).*

A nosso ver, assim como no caso de elaborar explicações, ao argumentar o indivíduo também pode utilizar representações. Ou seja, essas práticas discursivas, que normalmente são vistas unicamente como verbais – orais ou escritas – podem ter diferentes aspectos representacionais associados a elas. Isto porque, além de verbais, as representações podem ser também gestuais, virtuais etc. Assim, podemos dizer que a comunicação na ciência é multimodal (Kress & van Leeuwen, 2001 apud NRC, 2012, p. 74). Na perspectiva que defende que o ensino de ciências seja autêntico (Gilbert, 2004), isto é, que suas práticas sejam próximas daquelas da própria ciência, o ensino de ciências também deve ser multimodal, pois esta é uma característica da comunicação em ciência. Além disso, em alguns dos próprios trechos dos documentos para a educação citados nesse capítulo, podemos observar a associação de explicações a modelos ou representações; de modelos ou representações a evidências (parte essencial de argumentos); e de explicações a argumentos.

O foco deste trabalho são as representações, explicações e argumentações em um contexto de ensino de química fundamentado em modelagem, a importância das mesmas no ensino e, principalmente, as possibilidades diante do estudo unindo as três práticas epistêmicas. Por isso, este trabalho requer uma revisão da literatura para contemplar alguns dos principais aspectos acerca das mesmas. Além disso, embora os documentos para a educação mostrem a importância dessas práticas no ensino de ciências, são poucas as pesquisas que têm o objetivo de relacioná-las. Alguns trabalhos contemplam a relação entre a argumentação e as representações, (por exemplo, Carmo & Carvalho, 2012; Padilha &

Carvalho, 2011). Outros discutem acerca das explicações e argumentos (por exemplo, Berland & McNeill, 2012; Berland & Reiser, 2008; Mendonça & Justi, 2013b; Osborne & Patterson, 2011, 2012). No presente trabalho apresentamos uma abordagem que abrange as três práticas: argumentar, explicar e representar, algo que, pelo nosso conhecimento da literatura, parece ser inédito.

## Explicação

### *O termo explicação*

Antes de iniciarmos o relato e análise das principais informações que encontramos na literatura, consideramos importante fazer um esclarecimento em relação à nomenclatura que adotamos nesse trabalho. Nos artigos lidos durante a revisão, encontramos duas formas de referência às explicações: como *explicação científica* ou, simplesmente, como *explicação*. Além disso, somente em alguns dos trabalhos consultados há esclarecimentos sobre a opção dos autores por utilizar um ou outro termo.

Ao se referirem aos dois termos, Norris, Guilbert, Smith, Hakimelahi e Phillips (2005) afirmam que explicação científica é um tipo de explicação, sendo um dos tipos que tem sido muito discutido no meio científico. Os autores fazem referência a quatro padrões de explicação científica, que foram diferenciados por Nagel (1961 apud Norris et al. 2005): “*Deductive-nomological*” ou “*Covering Law*”<sup>3</sup>; Probabilístico; Funcional e Genético. No entanto, não explicitam o que delimitaria esse tipo de explicação científica de um modo geral. Apresentamos algumas características desses padrões de explicação na seção ‘Explicando as explicações’. Por outro lado, Martins, Ogborn e Kress (1999), optam por não utilizar explicação ou explicação científica, mas sim o termo episódio explicativo, pois dificilmente seria possível isolar sentenças explicativas no discurso.

Em nosso trabalho, na parte de revisão da literatura, usamos o termo *explicação científica* quando estamos nos referindo a um autor que faz o uso desse termo. Caso não haja diferenciação por parte do autor, ou seja, quando ele escreve somente *explicação*, o seguimos da mesma forma. Contudo, nas outras partes do trabalho, optamos por usar o termo *explicação científica curricular* naqueles momentos em que nos referirmos às explicações

---

<sup>3</sup> Optamos por manter as denominações em inglês por não termos encontrado nenhuma expressão em português que as traduzisse de maneira adequada.

dadas para e pelos alunos em sala aula. Como os alunos que participaram desta pesquisa são do ensino médio, as explicações observadas são, em grande parte, diferentes daquelas utilizadas no meio científico. Isto porque elas foram adaptadas ou simplificadas de acordo com os modelos científico-curriculares<sup>4</sup> que esses alunos devem aprender nesse nível de ensino.

### ***Explicando as explicações***

O estudo de práticas discursivas como a argumentação e a explicação é importante para uma melhor compreensão dos processos da ciência. Isto porque ambas são práticas inerentes ao trabalho dos cientistas nas etapas de construção, desenvolvimento e comunicação do conhecimento. Assim, nesse trabalho apresentamos uma revisão sobre essas práticas e algumas características do discurso que são relacionadas às mesmas. Primeiramente, nessa seção, discutimos as explicações.

Nos trabalhos sobre explicações no ensino de ciências aos quais nós tivemos acesso, não encontramos uma definição consensual do termo. Alguns autores até apresentam algumas ideias gerais sobre o que pode ser entendido como explicação, porém, mesmo nessas noções mais gerais não há concordância entre os autores. Gilbert, Boulter e Rutherford (1998a) afirmam que uma definição mais simples seria considerar que uma explicação é uma resposta fornecida para uma questão específica. Norris *et al* (2005), analisando o trabalho de outros pesquisadores, afirmam que, de um modo mais simples, explicação é uma ação com a intenção de esclarecer algo ou torná-lo mais inteligível (Brewer, Chinn, & Samarapungavan, 2000; Danto, 1985; Kim, 1995). Segundo Braaten e Windschitl (2011), muitos filósofos da ciência conceitualizam explicação científica como uma tentativa de ir além de descrições de fenômenos naturais observáveis, de atingir uma relação teórica de como um fenômeno ocorre (Achinstein, 1983; Kitcher, 1989; Nagel, 1979; Salmon, 1978 e 1989 apud Braaten e Windschitl, 2011).

Braaten e Windschitl (2011) consideram as principais teorias da filosofia da ciência para discutir sobre explicação científica e afirmam que, à luz dessas teorias, a conceitualização de explicação científica no campo da educação em ciências poderia ser facilitada. Eles

---

<sup>4</sup> *Modelos curriculares* são simplificações, de acordo com o nível cognitivo dos alunos, de *modelos científicos* – aqueles que, após testes e discussões, são aceitos por uma comunidade científica (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000). Os modelos curriculares são os efetivamente ensinados na escola porque, muitas vezes, os modelos científicos são complexos e exigiriam um conhecimento prévio que alunos no ensino básico ainda não têm.

apresentam cinco modelos de explicação científica e algumas das críticas a esses modelos: “*Covering Law*” ou “*Deductive-nomological (D-N)*”; *Estatístico Probabilístico*; Causal; Pragmático; e Unificado.

O modelo “*Covering Law*” foi proposto por Hempel e Oppenheim (1948 apud Braaten & Windschitl 2011). Eles acreditavam que padrões de regularidades no mundo natural poderiam resultar em leis naturais que seriam usadas para explicar eventos particulares do mundo natural por meio da lógica. Em outras palavras, a partir de padrões anteriormente bem estabelecidos, seria possível fazer deduções e, assim, explicar eventos naturais. Por exemplo, no caso dos gases, toda vez que há o aumento de temperatura de um gás (em um sistema fechado e a pressão constante) também há o aumento do volume ocupado pelo mesmo. Esse comportamento regular dos gases é expresso na chamada ‘lei dos gases ideais’. Uma lei de um determinado campo da ciência poderia ser usada para explicar vários fenômenos que fossem abrangidos pela mesma. No entanto, entre as críticas a esse modelo de explicação, tem-se o problema de não haver muitas “*covering laws*”, especialmente para os fenômenos fora da física (Cartwright 1997 apud Braaten & Windschitl, 2011). Assim, aqueles fenômenos que não se encaixam em alguma lei existente ou em algum padrão de regularidade ficariam sem explicação. Por exemplo, no caso da química seria pouco frutífero esse tipo específico, pois a maioria das explicações é associada a modelos. Em vez de leis, Cartwright afirma que muitas explicações usadas por cientistas empregam generalizações que se assemelham a leis. Um exemplo seria a afirmativa “semelhante dissolve semelhante”, muito utilizada em química. A mesma autora defende que esse tipo de “falsa lei” não deve diminuir a qualidade de uma explicação (no caso desta “falsa lei” para dissolução, embora não explique o fenômeno no nível molecular, ela remete os alunos a outra característica importante, a influência da polaridade na solubilidade). Outro problema seria o não respeito à assimetria dentro de uma explicação, quer dizer, a confusão entre causas e efeitos de um fenômeno (Braaten & Windschitl, 2011; Norris et al., 2005). Dificilmente um fato A explica um fato B e o mesmo B explica A. Por exemplo, o fato de se identificar uma mistura de duas substâncias como homogênea é explicado pela miscibilidade dessas substâncias, porém, a miscibilidade não é explicada pela formação de uma solução homogênea (e sim pelas interações entre as substâncias). No entanto, esse modelo de “*Covering Law*” não exclui esse tipo de relação, indesejada em uma explicação.

O modelo *estatístico probabilístico*, como expresso pelo próprio nome, propõe explicações baseadas em raciocínio matemático mais do que em leis naturais ou deduções e generalizações. Por exemplo, um mapa com dados estatísticos mostrando altas taxas de ocorrência de uma determinada doença em pessoas que vivem em torno de um mesmo lago, pode conduzir à explicação de que este lago foi a fonte de contaminação dos doentes. É claro que, nesse caso, seriam necessários outros estudos para confirmar essa explicação, por exemplo, a constatação de que essa doença é transmitida por águas contaminadas. Esse exemplo é coerente com a afirmação de Braaten e Windschitl (2011) de que as explicações probabilísticas podem ser dependentes de outras explicações. Alguns autores argumentam que esse tipo de explicação é a mais importante e complexa na ciência (Hempel, 1965 e Salmon, 1989 apud Braaten & Windschitl, 2011). Segundo Gilbert *et al.* (1998a), explicações que são embasadas em modelos matemáticos são mais valorizadas entre os pares no meio científico. Salmon (1989 apud Braaten & Windschitl 2011) critica esse modelo afirmando que a ênfase somente em dados estatísticos pode mascarar uma explicação adequada para um evento ou inibir a busca de uma explicação mais detalhada. Contudo, o autor também reconhece que, em algumas áreas, esse modelo de explicação é essencial para o entendimento de um fenômeno.

No modelo *causal*, o principal atributo de uma explicação é o estabelecimento de uma relação causal. Segundo Salmon (1978 apud Braaten & Windschitl 2011), uma explicação se torna melhor na medida em que envolve ideias oriundas de teorias científicas para explicar fenômenos (por exemplo, a teoria cinética molecular para explicar o comportamento dos gases). Para construir explicações dessa natureza, é necessário que se estabeleçam relações entre causas e efeitos que podem ser mais complexas ou mais simples. Segundo Braaten & Windschitl (2011), a dificuldade desse modelo está no grau de inferência que pode ser exigido para que se estabeleça uma relação entre a causa e o efeito em um fenômeno, pois nem sempre é simples identificar e fundamentar as causas para o mesmo. Por exemplo, no estudo de ligações químicas, as explicações para a formação de ligações muitas vezes são baseadas na “regra do octeto” (uma generalização comum no ensino de química baseada no fato de que alguns átomos adquirem estabilidade quando apresentam oito elétrons de valência). Porém, uma explicação mais adequada deveria ser baseada no abaixamento da energia do sistema, associado à maior estabilidade das substâncias. Mas, chegar a essa explicação exige dos alunos um grau de inferência maior do que o uso de uma explicação baseada na “regra do octeto”.

De acordo com os mesmos autores, os filósofos que compartilham da visão *pragmática* de explicação não propõem um modelo em especial para a mesma. Para van Frassen (1980 apud Braaten & Windschitl 2011), um dos principais proponentes dessa visão, uma explicação estaria atrelada à questão que a originou e ao seu contexto, sendo adequada ou não a partir dessas duas características. van Frassen defende que, quando o contexto é considerado, a avaliação da adequação e validade de uma explicação ocorre a partir da consideração de outros fatores além da relação entre teoria e fatos. Nesse caso, tem-se uma negociação entre as pessoas que estão construindo uma explicação em um determinado contexto. Dessa forma, uma explicação pode ser aceita como coerente pelos indivíduos em uma situação e ser, da mesma forma, não aceita por indivíduos diferentes e em outro contexto. Um caso na química é a existência de diferentes modelos para os átomos, pois cada um pode ser útil em explicações de fenômenos em diferentes contextos. O modelo de Dalton, por exemplo, é um modelo que pode ser usado em explicações para a conservação da massa em reações químicas (realizadas em sistemas fechados). Por outro lado, o mesmo modelo não pode ser usado em explicações sobre a condução de corrente elétrica em determinados materiais, pois não contempla características relativas às cargas elétricas nos átomos. Assim, outro modelo é necessário para explicar esse tipo de fenômeno.

Finalmente, o modelo unificado de explicação também não traz uma proposta de explicação científica específica. Segundo este modelo, uma teoria usada em uma explicação é tanto melhor quanto mais fenômenos, aparentemente desconectados, ela consegue explicar de forma coerente (Friedman, 1974 apud Braaten & Windschitl, 2011). Por exemplo, explicações baseadas no tipo de interação entre as partículas (átomos, íons ou moléculas) podem ser utilizadas para explicar diversas observações acerca das propriedades dos materiais. O tipo de interação pode explicar tanto a volatilidade do álcool quanto a condução de corrente elétrica por fios de cobre – fenômenos que não têm nenhuma conexão aparente, mas que podem ser explicados coerentemente a partir da relação entre o comportamento da substância e a interação presente na mesma. Assim, boas explicações poderiam contribuir para um profundo entendimento do mundo natural, uma vez que esse tipo de explicação poderia ser usado para uma série de observações – o que contribuiria para unificar o fenômeno e suas explicações. Como essa explicação unificada pode promover um melhor entendimento do mundo natural, Braaten & Windschitl (2011) defendem que ela pode ser importante na educação em ciências.

Em relação aos padrões de explicação científica citados na seção anterior, Norris et al. (2005) fazem referência ao trabalho de Nagel (1961). Apresentamos as características de dois dos quatro padrões citados por ele em seu livro, o “*Covering Law*” e o Probabilístico. Os outros dois – Funcional e Genético – são comentados a seguir.

As explicações *funcionais* estão estritamente relacionadas com questões em biologia e estudos do ser humano uma vez que são voltadas para o propósito, a consequência ou a função de alguma coisa. Por outro lado, as explicações *genéticas* são descritas como uma estória relacionada ao fenômeno a ser explicado, isto é, como a descrição de como eventos anteriores levaram a eventos posteriores no sistema em questão. A partir de eventos passados relacionados a outros sistemas já estudados, é feita uma seleção daqueles que podem dar suporte a uma relação causal relevante, podendo se relacionar com, e explicar, um novo sistema em estudo (Norris et al., 2005).

Focando no conteúdo de uma explicação, Martin (1972 apud Gilbert et al. 1998a, p. 84), identificou cinco significados para o termo em ciências e educação em ciências:

1. *"Um esclarecimento sobre o significado de uma expressão em um contexto científico, isto é, uma descrição de como a expressão se relaciona a um fenômeno;*
2. *Uma justificativa para alguma crença ou ação, isto é, a explicitação de razões pelas quais uma crença ou ação é aceita como razoável;*
3. *Uma relação causal de algum estado, evento ou processo, isto é, uma afirmativa sobre porque alguma coisa é de tal forma;*
4. *Uma citação de uma teoria a partir da qual uma lei pode ser deduzida;*
5. *Uma atribuição de função para um objeto."*

Gilbert, Boulter & Rutherford (1998b) afirmam que, de forma simples, uma explicação é uma resposta solicitada ou fornecida para uma questão específica e que a adequação dessa explicação vai ser avaliada pelos indivíduos envolvidos no questionamento de acordo com suas experiências relevantes. Essa última característica, relacionada à adequação, nos parece muito semelhante à ideia de explicação pragmática, defendida por van Frassen e descrita anteriormente.

A relação entre as questões relativas a um fenômeno do mundo natural e as explicações originadas a partir delas está associada à condução da ciência (Gilbert et al., 1998a). Considerando essa visão, uma tipologia relacionando questões e explicações científicas é proposta por esses autores, que também apresentam os tipos de explicação que podem ser

requeridas em determinadas circunstâncias. As questões que orientam essa tipologia são apresentadas a seguir, juntamente com o tipo de explicação científica/resposta às quais elas estariam associadas.

*Questão: “Por que a investigação deve ser realizada?”* Essa questão está associada à importância do estudo de um fenômeno natural, em específico aos objetivos dessa investigação. A resposta deve ser a intenção/propósito subjacente ao estudo em questão, isto é, uma justificativa para a realização de algum procedimento, estudo etc. Por exemplo, em um trabalho experimental, um aluno pode questionar “Por que eu devo medir a variação de temperatura do sistema?”. Uma explicação da professora poderia ser: “Porque estamos interessados em saber se o sistema ganhou ou perdeu calor.”.

*Questão: “Como o fenômeno se comporta?”* Essa questão está associada à descrição do fenômeno em estudo, ou de uma parte do mesmo. Ela acontece na maioria das investigações, principalmente na fase inicial e no caso de fenômenos sobre os quais se conhece pouco. Mas também pode acontecer em fases posteriores, se referindo ao comportamento do fenômeno diante de manipulações de um possível investigador. Por exemplo, o aluno poderia sugerir a medição da variação de temperatura de um líquido, previamente aquecido, quando o mesmo fosse colocado em recipientes de diferentes materiais (isopor e alumínio) até o líquido chegar à temperatura ambiente. Assim, ele poderia explicar como a diminuição da temperatura do líquido ocorre de acordo com as propriedades do material do recipiente.

*Questão: “O que compõe o fenômeno?”* Essa questão está associada à identificação das entidades e à sua distribuição espacial e temporal em um fenômeno, constituindo uma interpretação de sua estrutura física. Esse tipo de resposta pode possibilitar a classificação de fenômenos de acordo com a similaridade de suas características. Por exemplo, uma professora pode fazer a questão: “Qual é a unidade de repetição na substância água?”. Uma resposta adequada seria “Molécula de H<sub>2</sub>O.”.

*Questão: “Por que um fenômeno se comporta de determinada maneira?”* Essa questão está associada a uma relação causal estabelecida para o fenômeno em estudo, isto é, a resposta deverá estabelecer uma relação de causa e efeito envolvendo as entidades que constituem um fenômeno. Por exemplo, uma professora poderia questionar: “Por que o sal NaCl não conduz corrente elétrica no estado sólido?”. Uma resposta adequada de um aluno

poderia ser: “Porque para ele ser condutor seria necessário que as cargas pudessem se movimentar, mas no estado sólido os íons que compõem o sal estão fixos na rede cristalina.”. Gilbert *et al.* (1998a) acrescentam que isso pode ser feito por dedução, citando inclusive o modelo para explicações “*deductive-nomological*” e a forma de suas explicações determinísticas. Outra forma de se propor essa relação causal seria por meio de estatísticas ou probabilidade.

*Questão: “Como um fenômeno poderia se comportar sob condições diferentes?”* Essa questão está diretamente associada às previsões acerca de um fenômeno. A resposta deve contemplar alterações no fenômeno, o que, em geral, ocorre quando as condições às quais ele está submetido mudam. Esse tipo de explicação científica pode ser muito útil porque pode fornecer antecipações sobre o fenômeno em estudo. Por exemplo, como uma continuação do diálogo no exemplo anterior, a professora poderia questionar o mesmo aluno: “E se uma quantidade desse sal for dissolvida em água?”. O aluno poderia responder: “Nesse caso poderia haver condução, pois os íons não estariam mais presos na rede cristalina e poderiam se movimentar.”.

Esses tipos de explicação, propostas a partir das questões citadas, foram claramente relacionados por Gilbert *et al.* (1998a) com o que foi proposto por Martin:

- a. Explicação intencional, relacionada ao tipo 2 de Martin: justificativa de ações;
- b. Explicação descritiva, relacionada ao tipo 1 de Martin: esclarecimento de significado;
- c. Explicação interpretativa, relacionada ao tipo 4 de Martin: citação de teoria;
- d. Explicação causal, relacionada ao tipo 3 de Martin: causalidade;
- e. Explicação preditiva, relacionada ao tipo 3: dedução de um evento futuro.

O quinto significado de uma explicação proposto por Martin (atribuição de função) não foi relacionado por Gilbert *et al.* (1998a) porque, de acordo com eles, o próprio Martin colocou em dúvida se isso seria, de fato, uma explicação.

### ***Explicação no ensino de ciências***

Com um repertório tão amplo de possibilidades de definições, funções e tipos de explicações, não há como propor um padrão para explicações que devem ser mais comuns em salas de aula de ciências. Pelo contrário, este é um ambiente em que podem ser observadas todas as variações apontadas nos trabalhos citados anteriormente.

Braaten & Windschitl (2011) afirmam que faltam mais esclarecimentos sobre explicação científica na área de educação em ciências para ajudar na prática instrucional, isto é, faltam trabalhos que discutam o que qualifica uma explicação científica em sala de aula, a forma de se avaliar uma explicação etc. E ainda, de acordo com eles, muitos dos trabalhos atuais que focam na construção, análise e avaliação de explicações não apresentam uma conceitualização do que seria uma explicação científica – o que seria importante para auxiliar em outras pesquisas em educação e inclusive, diretamente, para os professores de ciências. Os mesmos autores apresentam três tipos de explicações mais retratadas em trabalhos da área de educação em ciências: explicação como esclarecimentos, explicação como causa, e explicação como justificativa. O que é discutido por Braaten & Windschitl (2011) em relação ao conteúdo desses três tipos de explicação tem muitas semelhanças com o que é apresentado por Gilbert *et al.* (1998a) como explicações descritivas, causais e intencionais.

*Explicações como esclarecimentos* são aquelas com forte caráter descritivo, em que o foco é em esclarecimentos de terminologias, significados ou na descrição do raciocínio empregado na resolução de um problema. Gilbert *et al.* (1998a) destacam que as explicações descritivas são, frequentemente, umas das primeiras a serem desenvolvidas pelos estudantes em comparação a outros tipos de explicação. Eles também destacam que essa explicação produzida em uma fase inicial pode facilitar a produção de outras explicações subsequentes. Braaten & Windschitl (2011) afirmam que esse tipo de explicação pode ser muito útil, inclusive para pesquisadores, na comunicação e esclarecimento de seus trabalhos para diferentes comunidades. Entretanto, quando somente esse tipo é enfatizado no ensino, parece que se esquece de que, em ciências, as explicações devem se relacionar a fenômenos naturais, o que envolve mais do que explicitações de significados ou de estratégias de resolução de problemas.

No segundo caso (*explicações como causas*), a explicação é constituída de uma relação causal, isto é, estabelece relações entre causa e efeito em eventos específicos. Muitas vezes, essa relação é simples, linear, não sendo trabalhadas, por exemplo, relações que envolvam uma relação de causalidade e dados estatísticos. Além disso, muitas vezes essa explicação é apresentada como a principal maneira de dar sentido aos fenômenos, ignorando outras maneiras como, por exemplo, o uso de leis naturais (identificado em alguns conteúdos de física e de química, como a lei de Proust, por exemplo, para a proporção das massas em substâncias compostas) e o uso de probabilidade e estatística (identificado em alguns

conteúdos da geografia e da biologia como, por exemplo, as explicações relacionadas à transmissão de características hereditárias, em genética) (Braaten & Windschitl, 2011). As explicações causais simples são apontadas como as preferidas em muitas salas de aula de disciplinas de ciências (Osborne & Patterson, 2011).

Finalmente, as *explicações como justificativas* envolvem o uso de justificativas na construção das mesmas. Nesse caso, é possível identificar uma semelhança com a construção de argumentos. Nessa situação, os estudantes são solicitados a elaborar uma explicação na forma: afirmativa – evidência – raciocínio, o que é coerente com a construção e análise de argumentos. A crítica de Braaten & Windschitl (2011) se direciona à ênfase dessa estrutura para explicar, ou melhor, ao uso de evidências para justificar afirmativas, principalmente nos casos em que essas afirmativas são mais hipotéticas ou descritivas do que de caráter explicativo do *como* ou *por que* em relação a algum evento ou fenômeno. Para eles, tais explicações seriam incoerentes com qualquer um dos modelos de explicação da filosofia da ciência. Osborne e Patterson (2012) também criticam o uso dessa estrutura para fazer referência a uma explicação, pois, para eles, os elementos citados acima pertencem a um argumento. Para evidenciar isso, o modelo de padrão de argumento proposto por Toulmin é apresentado por eles, explicitando os elementos *dado*, *afirmativa* e *garantia* (discutidos na seção ‘Explicando a argumentação’). Eles reconhecem que existe muita confusão em relação ao uso desses elementos e à sua relação com explicações na área de educação em ciências e, inclusive, citam vários trabalhos que eles criticam por trazerem esse tipo conflito em relação à estrutura de uma explicação.

Martins *et al.* (1999) afirmam que a maneira de lidar com explicações em sala de aula pode variar de acordo com o professor (sua bagagem de experiências, os recursos que ele utiliza); com a interação professor-aluno (se há mais questionamentos entre eles, se o professor tem um discurso de autoridade etc.); e com o tema a ser ensinado (mais ou menos abstrato, relacionado a objetos ou processos etc.).

Ainda no caso dos professores, as explicações trabalhadas pelos mesmos ao longo do ensino tendem a ser diretamente associadas ao currículo e/ou às avaliações externas (geralmente promovidas pelo governo), além de serem influenciadas pelos livros didáticos, que ficam na interface entre os professores e o currículo. Nesse caso, as explicações descritivas e interpretativas são as mais presentes (Gilbert *et al.*, 1998a). Isto se contrapõe ao que é proposto em alguns documentos para educação (DfEE, 1999; MEC, 2000; NRC, 2012) que

defendem como uma das metas a capacidade de os alunos agirem de forma consciente em seu meio social, de forma crítica em relação ao mundo natural e às questões associadas ao mesmo, sabendo analisar e se posicionar coerentemente. Tais habilidades exigem dos indivíduos saber lidar com explicações preditivas, intencionais e causais, as quais apresentam um grau de dificuldade maior de compreensão e elaboração.

## Argumentação

### *Os termos argumento e argumentação*

Nos trabalhos lidos para essa revisão, as palavras *argumento* e *argumentação* são constantes, apesar de, nem sempre, seus significados serem explicitados de forma a diferenciar uma da outra. Nos trabalhos publicados em inglês, *argumento* (“*argument*”) aparece em referência ora ao processo de argumentar, ora ao argumento em si – o que é coerente com o significado desta palavra naquele idioma. O artigo de Driver, Newton & Osborne (2000) é um exemplo:

“... we are persuaded to view the practice of argument by pupils in groups as an important mechanism for scaffolding the construction of argument by pupils individually.” (Driver et al., 2000, p. 292).

Outro termo encontrado na literatura é *argumento científico*, porém também sem uma caracterização mais detalhada que permita a diferenciação entre este termo e *argumento*, por exemplo. Na maioria dos casos esses termos parecem ser usados com o objetivo de diferenciar um argumento de acordo com a situação e o conteúdo associado ao mesmo. Quando se trata de um argumento relacionado à ciência, a conceitos da ciência, a um problema que envolve algum componente científico ou proposto por cientistas, o argumento é nomeado como *argumento científico*. Por outro lado, quando a situação ou o conteúdo do argumento em estudo tem caráter sócio-científico, é feita uma diferenciação explicitando *argumento sócio-científico* ou é usado somente *argumento*. Assim, somente quando citarmos um autor que usa o termo *argumento científico*, o faremos da mesma forma. No entanto, no restante desse trabalho optamos por usar somente *argumento*. Além disso, os argumentos construídos pelos alunos investigados nesse trabalho (oriundos do ensino médio) não estão sempre de acordo com o conhecimento científico ou não apresentam o mesmo grau de complexidade deste. Muitas vezes, os argumentos elaborados em sala de aula estão de acordo com os modelos científicos curriculares para aquele nível de ensino. Assim, não esperamos que os alunos construam *argumentos científicos*, mas sim *argumentos científicos curriculares*. Mendonça (2011) propôs esse termo para se referir aos argumentos elaborados pelos

estudantes, de acordo com os modelos científicos curriculares do seu nível de ensino. Segundo a autora:

*“O argumento científico curricular se difere do argumento científico por apresentar menor número e menor complexidade das linhas de raciocínio. Em outras palavras, o argumento científico apresenta uma maior convergência entre justificativas e evidências para dar mais suporte à afirmação.”* (Mendonça, 2011, p. 88).

Na revisão da literatura apresentada a seguir, optamos por usar o termo *argumentação* quando nos referimos ao processo, ou seja, à elaboração e defesa de argumentos e *argumento* quando nos referimos ao construto apresentado para defender um ponto de vista no processo de argumentação. Mesmo quando destacamos trabalhos que não tenham clareza na diferenciação desses termos, optamos por utilizá-los dessa forma. Assim, também nas seções seguintes em que usamos esses termos, o mesmo entendimento é mantido.

### ***Explicando a argumentação***

De um modo geral, existem muitos trabalhos voltados para o estudo da argumentação e dos argumentos, tanto na ciência quanto em outras áreas como na filosofia, na linguagem, comunicação etc. Por isso há várias visões acerca do que é e do que envolve essa prática discursiva.

Ao fazer uma revisão da literatura, Driver et al. (2000) citam alguns autores que apresentam opiniões diferentes em relação à argumentação. Siegel (1995) é citado pelos autores como defensor de que a argumentação tem como objetivo a resolução racional de questões, conflitos e disputas. Por outro lado, existe a visão de que a argumentação tem como objetivo usar mecanismos disponíveis para a persuasão (Billig, 1987 apud Driver et al., 2000). Um terceiro autor é citado no mesmo trabalho, sendo que ele afirma que a argumentação é um processo a partir do qual os pensamentos são construídos como uma estrutura abstrata que liga premissas a conclusões, e com esse processo os pensamentos são organizados de determinada maneira (Binkley, 1995 apud Driver et al., 2000). Outra visão para se destacar acerca da argumentação é a do senso comum, segundo a qual ela é uma disputa acirrada e não racional (quase como uma guerra) em que se busca um vencedor (Duschl & Osborne, 2002). Porém, essa visão pode ser considerada não desejável no ensino de ciências.

Driver et al. (2000) apresentam uma perspectiva da argumentação como uma atividade individual, quando é considerado o pensamento e a escrita, ou como uma atividade social dentro de um grupo, em que acontece uma ação social de negociação dentro de uma comunidade específica. Eles apresentam duas perspectivas principais sobre argumento, também encontradas na literatura relativa à educação. A primeira é do Oxford English Dictionary e se refere ao argumento como “desenvolvimento de uma justificativa contra ou a favor de uma proposição”. Ainda segundo os autores, essa forma de argumento é usada para persuadir outros indivíduos das vantagens de uma situação ou ideia. A segunda interpretação de argumento é a dialógica, referente às situações em que há diferentes pontos de vista sendo avaliados com o intuito de alcançar um consenso em relação às afirmativas ou ações aceitáveis. Nesse caso, os autores destacam que argumentos dialógicos podem ser pensados no nível individual ou em grupo. Entretanto, pensar em indivíduos que apresentam pontos de vista diferentes em um grupo é claramente mais fácil do que pensar em um único indivíduo argumentando consigo mesmo. Porém, um indivíduo também pode apresentar diferentes perspectivas em relação a um tema e, assim, elaborar argumentos diferentes passíveis de contestação.

Contemplando ainda o aspecto social da argumentação e a interação entre indivíduos diferentes, Baker (2009) apresenta quatro situações em que é possível identificar uma situação argumentativa. Para representar essas situações ele propôs um esquema, apresentado na figura 2.1.

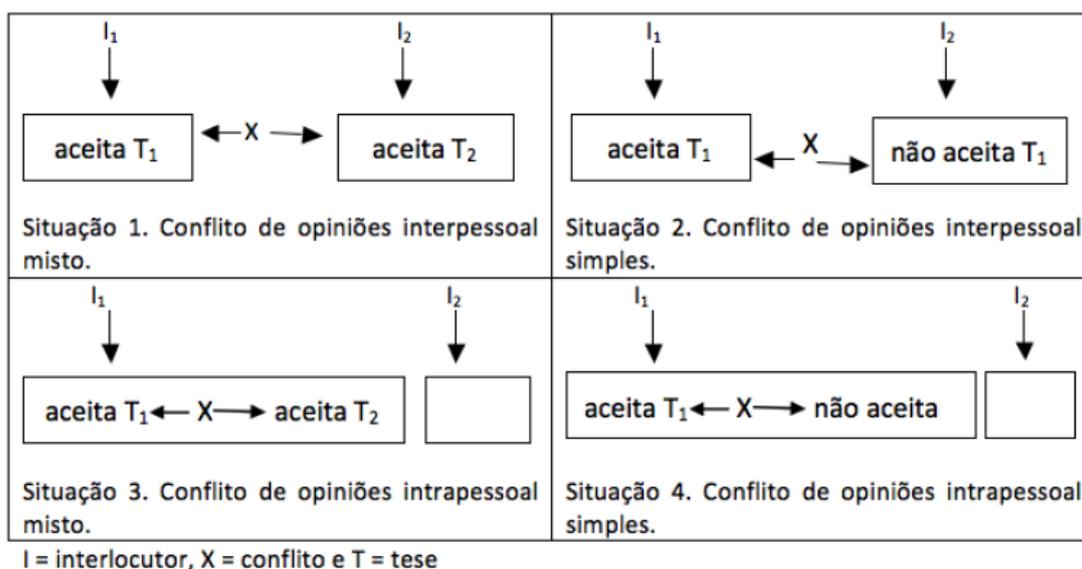


Figura 2.1. Esquema de situações argumentativas proposto por Baker (2009, p. 131).

Nesse esquema, o autor apresenta sempre a interação entre dois indivíduos ( $I_1$  e  $I_2$ ). Além disso, a argumentação pode ser acerca de uma ou duas teses ( $T1$  e  $T2$ ), sendo que nos casos em que houver conflito envolvendo uma tese, o autor o classifica como simples, e quando envolver duas teses, o autor o classifica como misto. Na situação 1, é representada a possibilidade de os indivíduos terem opiniões diferentes, colocadas como teses  $T1$  e  $T2$ . Na situação 2, os indivíduos discordam acerca de uma única tese,  $T1$ , sendo que um deles a aceita e o outro não. Na situação 3, assim como na situação 1, existem duas teses diferentes, porém, a dúvida é de apenas um indivíduo. Nesse caso, ele está em conflito para decidir entre essas teses e deve discutir com o outro indivíduo para optar por uma. Na situação 4, assim como na situação 2, existe apenas uma tese,  $T1$ , expressa apenas por um indivíduo. Nesse caso, ele está em dúvida se concorda ou não com essa tese e, a partir da discussão com outro indivíduo, deve optar por aceitar ou não essa tese.

Ao destacar o desenvolvimento da teoria da argumentação Driver et al. (2000) citam alguns autores e a contribuição de seus trabalhos para este campo. Um dos trabalhos citados é o de Kuhn (1993), ao qual os autores se referem para destacar a análise e avaliação dos argumentos. Kuhn usou uma estrutura de análise para argumentação dialógica que incluiu: descrição e justificativa de teorias, apresentação de teorias alternativas, de contra-argumentos e de refutações.

Outro trabalho de destaque é o livro *The uses of argument* (1958), de Toulmin, onde ele apresenta uma proposta para a estrutura dos argumentos de um modo geral: o padrão de argumento. Nesse trabalho ele propõe um modelo para a estrutura geral dos argumentos por meio de elementos que podem estar presente em um argumento, além da relação entre os mesmos (figura 2.2).

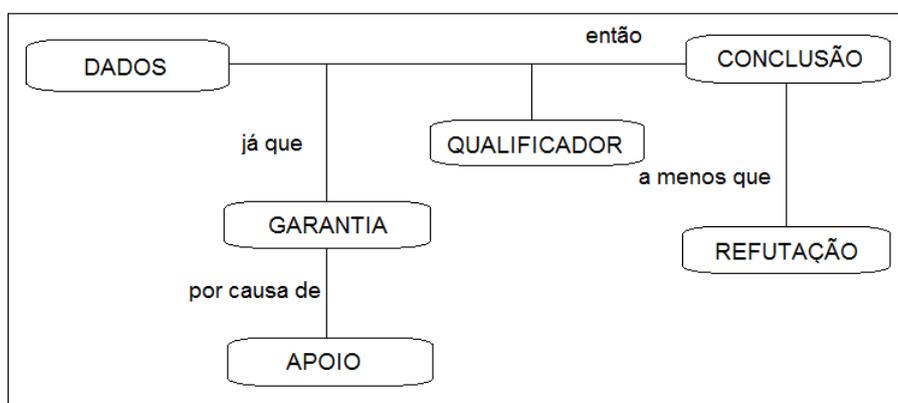


Figura 2.2. Padrão de argumento de Toulmin (1958, p. 148).

Os *dados* são informações utilizadas como evidências para dar suporte à *afirmativa* que está sendo defendida na argumentação. A *garantia* é o elemento de ligação entre os *dados* e a *conclusão*, mostrando como a *conclusão* está embasada nos *dados*. O *apoio* é uma afirmativa mais ampla que justifica a *garantia*. O *qualificador* é um elemento que fornece uma condição em que a *conclusão* é válida. A *refutação* fornece uma condição em que a *conclusão* não é válida.

Embora haja uma diversidade (muito maior do que a relatada nessa seção) nas produções sobre argumentação, uma característica da maioria dos trabalhos desenvolvidos em relação à teoria da argumentação é a percepção do argumento como socialmente situado (Driver et al., 2000). Isto implica na importância de considerar e avaliar o contexto social em que ocorre a argumentação, além dos aspectos referentes à estrutura e construção dos argumentos. Além disso, sempre é enfatizada também a importância do uso de evidências como suporte para os argumentos.

Assim como elaborar ou usar explicações foram apresentados como uma prática discursiva importante para a construção e desenvolvimento do conhecimento – aqui destacado como um processo social e dialógico – também a argumentação é compreendida como uma prática inerente à ciência (Berland & Reiser, 2008; Duschl & Kirsten, 2009; Duschl & Osborne, 2002; Mendonça & Justi, 2013a).

Considerando esse entendimento acerca do conhecimento, a prática discursiva de argumentar tem papel de destaque, pois é fundamental no trabalho dos cientistas. Ela pode ser citada como uma prática necessária nas diversas etapas de desenvolvimento do conhecimento que acontecem até a chegada deste ao domínio público. Desde os procedimentos iniciais dos pesquisadores até a divulgação final dos trabalhos, a argumentação está presente.

Kelly e Duschl (2002) se referem a três etapas nas práticas dos cientistas: produção, avaliação e comunicação do conhecimento, sendo que em todas essas etapas a argumentação pode estar presente. Driver et al. (2000) citam algumas situações em que, de acordo com eles, ocorrem práticas argumentativas em diferentes níveis do desenvolvimento do conhecimento. Por exemplo: durante a produção do conhecimento, o cientista pode analisar um experimento ou interpretar os dados, em sua mente, selecionando os mesmos como evidências para sustentar os argumentos em defesa de sua ideia. Essa defesa que pode ser feita durante a

avaliação do conhecimento em conferências ou por meio de artigos em que os pares de uma determinada comunidade científica consideram ideias concorrentes e os argumentos em prol dessas; e no domínio público, quando os cientistas expõem sua teoria na mídia, promovendo a comunicação do conhecimento.

Para uma melhor compreensão de como a argumentação se faz presente na ciência, podemos destacar pelo menos três características da argumentação e dos argumentos que são parte importante do trabalho dos pesquisadores:

- *O uso de evidências*: aqui entendidas como observações, experimentos, sinais, amostras ou razões com as quais uma afirmativa é sustentada ou refutada (Jiménez-Aleixandre, 2010). A elaboração de argumentos envolve a seleção e utilização de evidências, sendo que estas carecem de uma interpretação e relação com uma teoria, ideia ou hipótese;
- *A persuasão*: o uso de argumentos com o objetivo de convencer outros de um ponto vista. Podemos destacar também a possibilidade da existência de diferentes argumentos, referentes a um mesmo assunto e igualmente subsidiados, sendo que a argumentação pode favorecer o alcance de um consenso. Duschl & Osborne (2002) afirmam que a racionalidade da ciência é fundamentada na habilidade de construir argumentos persuasivos e convincentes que relacionam teorias explicativas com os dados observados;
- *A justificativa ou raciocínio* (“reasoning”): é a relação das evidências selecionadas com a teoria, ideia ou hipótese proposta e que deve ser defendida. Quando as evidências empregadas são adequadas, quanto mais coerente for a justificativa apresentada, maior é o seu poder de persuasão.

Os dados experimentais e teóricos obtidos pelos cientistas, quando tratados isoladamente, ou seja, sem uma interpretação e relação dos mesmos com o conhecimento, não contribuem significativamente para a ciência. Porém, tratados de outra forma podem ser utilizados como evidências e ter um papel fundamental na proposição dos argumentos acerca de uma ideia. Ao interpretar os dados obtidos, selecionar aqueles que são referentes ao seu tema de estudo, relacioná-los ao conhecimento existente e fazer proposições (afirmações), o pesquisador tem a possibilidade de elaborar argumentos para a defesa de sua ideia, pois tem como justificá-la, apresentando as evidências disponíveis. Jiménez-Aleixandre (2010) destaca a importância das evidências na construção do conhecimento científico ao afirmar que as

evidências são decisivas no momento de escolha entre propostas concorrentes. As condições que dão suporte à argumentação são dependentes do uso de evidências no processo de construção e avaliação de explicações (Duschl & Osborne, 2002).

Duschl & Osborne (2002) afirmam, ainda, que a argumentação científica tem como objetivo coordenar evidências e teorias para o avanço de explicações, modelos, previsões ou uma avaliação. Os autores defendem que, no trabalho do cientista (na criação de um novo conhecimento, na aplicação de uma teoria consensual no meio etc.) ou mesmo quando se trata de um estudante que tenta entender algum aspecto do conhecimento, o processo de argumentação é similar. Isto é, os envolvidos na prática têm que construir um argumento que justifique suas afirmativas, considerando as evidências presentes. Embora o tipo de raciocínio seja similar, independente do indivíduo ser cientista ou estudante, é importante ressaltar que há diferenças em relação à complexidade dos argumentos elaborados, ao grau de profundidade das justificativas e à conexão das evidências. Por isso os diferenciamos anteriormente como argumentos científicos ou científicos curriculares.

### ***Argumentando a favor da argumentação no ensino de ciências***

A importância da inserção de práticas argumentativas em sala de aula tem sido reconhecida hoje tanto em trabalhos que pesquisam o ensino de ciências (Berland & Reiser, 2008; Mendonça & Justi, 2013b; Osborne, Erduran, & Simon, 2004) quanto nos documentos que trazem orientações para esse ensino. Nesses trabalhos é defendido um ensino de ciências autêntico, mais próximo da ciência e que, portanto, possibilita um melhor entendimento desta por parte dos alunos (Gilbert, 2004). Em acordo com essa perspectiva estão documentos brasileiros como o PCN (MEC, 2000) e o PCN+ (MEC, 2001b), e internacionais como o A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (NRC, 2012) e o Science in the National Curriculum (DfEE, 1999). Assim, como é uma prática da ciência, a argumentação pode contribuir para que os estudantes aprendam mais sobre os processos da mesma na medida em que eles participam de atividades argumentativas. Ou seja, o estudante pode *aprender sobre a ciência*.

Aprender sobre os processos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico é uma das metas no ensino de ciências. E, como evidenciado na seção anterior, a argumentação é uma prática discursiva fundamental naqueles processos. Isso justifica a introdução da mesma no processo de ensino e aprendizagem nas aulas de ciências para promover um melhor entendimento dos estudantes sobre ciência. Podemos dizer que assim

tem-se uma mudança no ensinar *o que* nós sabemos para o ensino que contempla também o *como* e *por que* nós sabemos, mudança essa enfatizada como necessária por Duschl e Osborne (2002).

De acordo com Duschl & Osborne (2002), a ciência requer a consideração de diferentes explicações teóricas para um mesmo fenômeno, a discussão sobre os métodos que conduziram os experimentos e a avaliação da interpretação dos dados. Em virtude disso, pode-se dizer que a argumentação é inerente à ciência. Como enfatizado anteriormente, nós reconhecemos a existência de diferenças em relação ao grau de complexidade de argumentos científicos e científicos curriculares. Duschl e Osborne, por sua vez, fazem também outra importante distinção entre os contextos da ciência e de sala de aula: no caso dos cientistas a argumentação é uma característica normativa do trabalho dos mesmos, ao passo que no discurso das salas de aula de ciências raramente ocorre argumentação.

Além da contribuição da argumentação para o *aprender sobre ciência*, Jiménez-Aleixandre (2010) destaca outras contribuições da mesma para o ensino. Primeiramente, ela destaca a possibilidade de o estudante aprender a aprender, ou seja, aprender mais sobre o próprio processo de aprendizagem, pois ao participar de atividades argumentativas o estudante explicita parte de seu raciocínio (a seleção de evidências, a sua relação com as afirmações etc.). Isto pode contribuir para que ele tome consciência de suas ações durante o processo vivenciado e, assim, seja capaz de regular sua aprendizagem e, inclusive, de usar esse conhecimento para aprender em outros contextos.

Outra contribuição destacada por Jiménez-Aleixandre (2010) para o ensino é em relação ao desenvolvimento do pensamento crítico (capacidade de apresentar uma opinião independente, refletir sobre a realidade e participar desta), isto é, em relação à formação de um cidadão consciente, capaz de uma postura crítica diante das questões (científicas ou não) apresentadas na sociedade. Essa contribuição é possível porque, ao argumentar, o indivíduo pode vivenciar práticas como apresentar e defender uma opinião embasada em determinados fatos, persuadir outros indivíduos sobre sua opinião, avaliar pontos de vista diferentes, e tomar decisões sobre eles de acordo com o estabelecimento de critérios. Todas essas práticas podem ser úteis não só em ambientes de ensino, mas no dia a dia dos cidadãos em geral.

Então, um desafio para os trabalhos na área de ensino e argumentação é investigar as condições favoráveis ao desenvolvimento de práticas argumentativas, ou seja, buscar

estabelecer o contexto para ocorrência dessas práticas. Nesse sentido, alguns autores identificam lacunas no ensino e apontam que existe a necessidade de fornecer aos professores e alunos ferramentas pedagógicas voltadas para o trabalho de construção, coordenação e avaliação de afirmativas acerca do conhecimento científico (Duschl & Osborne, 2002; Osborne et al., 2004).

Newton, Driver e Osborne (1999) apresentam os resultados de um estudo, em que eles entrevistaram professores sobre a argumentação em suas salas de aula. Os professores afirmaram que têm dificuldades em orientar atividades que envolvam discussões e que dominam poucas estratégias para organizar e gerenciar esses tipos de trabalhos, tanto em grupos menores quanto envolvendo a sala inteira. No entanto, eles reconheceram a importância das discussões para a aprendizagem dos alunos. Portanto, a visão de aprendizagem dos professores não seria um obstáculo para a inserção de práticas argumentativas nas salas de aula. A principal dificuldade dos professores seria, principalmente, com as estratégias e habilidades pedagógicas para lidar com atividades em que o aluno se engaja em discussões.

Em acordo com os resultados desse trabalho está um estudo acerca das habilidades argumentativas de professores recém-formados (Correa, 2011), sendo que eles eram solicitados a argumentar em relação a temas científicos e do cotidiano. Neste trabalho, Correa identificou que orientações nacionais para a formação de professores, as *Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química* (MEC, 2001a), não apresentam orientações claras acerca da argumentação na formação dos mesmos. Esse estudo apontou, ainda, que os professores têm diversas dificuldades em relação às habilidades argumentativas. Por exemplo: quando solicitados a contra-argumentar em relação a um tema científico (ou seja, apresentar situações que poderiam invalidar uma teoria que ele defende), a maioria dos professores não teve sucesso, o que pode indicar que eles têm uma visão ingênua de ciência, acreditando que esta é constituída por verdades absolutas, inquestionáveis; os professores apresentaram dificuldades em identificar, interpretar e utilizar evidências, principalmente, em situações em que as evidências não eram coerentes com suas opiniões; e, ainda em relação às evidências, os professores demonstraram dificuldades em diferenciá-las de justificativas e de interligá-las às afirmativas que eram propostas por eles.

Um dos pontos de discussão acerca da argumentação no ensino se relaciona com promover o ensino explícito da mesma (apresentando diretamente aos alunos características

da argumentação, como, por exemplo, o uso de evidências e justificativas) ou implícito (promovendo um ambiente de aprendizagem em que as competências argumentativas sejam parte da cultura de sala aula e das tarefas de aprendizagem (Jiménez-Aleixandre, 2008)). Alguns estudos em que foi realizado o ensino explícito de argumentação evidenciam melhora no desempenho dos alunos ao argumentar. Os alunos foram capazes, por exemplo, de transferir habilidades argumentativas para a resolução de problemas em situações do cotidiano (Zohar & Nemet, 2002). No entanto, após fazer uma revisão de trabalhos sobre o ensino explícito de argumentação, Jiménez-Aleixandre (2008) afirma que a presença de outros aspectos nos mesmos também favoreceu a aprendizagem dos estudantes – tais como tarefas específicas para esse propósito, o clima de sala aula, estratégias do professor. Assim, se não existirem tais características, pouco parece contribuir o fato de o ensino de argumentação ser explícito. Em outras palavras, se não há espaço para discussão, discurso dialógico etc., a probabilidade de ocorrer argumentação é mínima.

Kuhn (2010) afirma que seu trabalho se contrapõe àqueles que defendem a instrução explícita da argumentação, pois ela apresenta uma abordagem focada na experiência vivenciada pelos alunos durante o processo argumentativo (sem uma instrução explícita). Porém, ela reconhece também que são necessários mais estudos acerca desse tema. Mendonça & Justi (2013b) apresentam uma pesquisa em que utilizaram atividades que não envolviam o ensino explícito da argumentação (atividades de modelagem no qual os estudantes tinham que argumentar ao propor seus modelos). Porém, elas manifestaram o desejo de modificá-las em trabalhos futuros para que os estudantes, por exemplo, tenham maior consciência da importância dessa prática, saibam distinguir os componentes de um argumento, e para que o professor tenha mais possibilidades para discutir sua importância na produção do conhecimento. Berland e McNeill (2012; Mendonça & Justi, 2013b) comentam alguns trabalhos que defendem que a instrução explícita pode conduzir os alunos a elaborar argumentos de forma não autêntica, seguindo uma espécie de roteiro (Spinuzzi, 1996 apud Berland e McNeill, 2012; Berland & Hammer, 2012). Essa questão, no entanto, não é vista por Osborne e Patterson (2012) como motivo suficiente para que não se fale de uma instrução explícita sobre argumentação e explicação.

Em seu trabalho de revisão da literatura, Duschl e Osborne (2002) defendem a importância do uso de evidências no processo de construção e avaliação de explicações. Nesse sentido, Osborne et al. (2004) afirmam que para os alunos poderem argumentar de forma

consistente quando não são diretamente oferecidas evidências, é necessário que eles tenham entendimento dos conceitos centrais e princípios relacionados ao tema de estudo para fundamentar seu argumento. Além disso, é igualmente importante que os alunos saibam utilizar esse entendimento, ou seja, é necessário o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao conhecimento estratégico e procedimental para a construção dos argumentos (Duschl & Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010).

Ainda em relação ao contexto favorável à argumentação, duas características merecem destaque. Primeiramente, é importante que seja considerada mais de uma explicação acerca de um mesmo fenômeno (mesmo que elas expressem concepções alternativas dos alunos, por exemplo) e, segundo, o tipo de interação na sala de aula, tanto professor-aluno quanto aluno-aluno. Em situações de ensino, geralmente o discurso do professor objetiva convencer seus alunos de uma visão científica consensual acerca de um fenômeno. Assim, uma oportunidade para um discurso de fato dialógico é desprezada, pois os alunos não têm uma voz ativa diante do professor ou mesmo com outro colega. Isto porque a interação entre os alunos, por meio de atividades discursivas em grupos também não é encorajada, assim como quaisquer outras situações que envolvam a classe como um todo na identificação e avaliação de diferentes linhas de pensamento (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Mendonça & Justi, 2013b; Osborne & Patterson, 2011). Destacamos que, independente do ensino explícito ou implícito da argumentação, é relevante considerar essas características (apresentar mais de uma explicação para os fenômenos e as interações em sala de aula) para o desenvolvimento da mesma.

Assim, considerando o ensino de ciências, é interessante que haja a oportunidade de os estudantes gerarem (ou serem apresentados a) teorias concorrentes para que eles as analisem, discutam e avaliem por meio da argumentação. Considerando esse caráter social, a realização de atividades em pequenos grupos é uma boa oportunidade para a promoção de situações argumentativas (Mendonça & Justi, 2013b; Osborne et al., 2004).

Ainda sobre os aspectos social e individual da argumentação, Baker (2009) afirma que existem problemas que demandam a participação de mais de uma pessoa em sua resolução, sendo que pode haver mais de uma proposta de solução para o mesmo. Nesse caso, uma possibilidade para resolver o problema seria por meio de interações argumentativas – situações em que os indivíduos expressam informações e raciocínio relacionados com o problema, buscando mudar o grau de aceitabilidade de cada solução que foi apresentada, por

meio da avaliação da coerência das informações e linha de raciocínio expressa. O autor defende que essa interação vai além da busca de soluções para os problemas; ela pode promover a construção de novos conhecimentos pelos alunos. Neste caso ocorreria a co-construção social de conhecimento, isto é, a elaboração de conhecimento com a contribuição do outro, apropriado e consensualmente aceito em (e a partir de) um diálogo cooperativo na resolução de problemas. Ele reconhece também que situações argumentativas podem ser diversas quando se considera alunos envolvidos na resolução colaborativa de problemas, mas sugere quatro possíveis situações (apresentadas na seção anterior, figura 2.1, que evidenciam algumas das interações possíveis entre os indivíduos). Essas situações, portanto, podem ocorrer no ensino de ciências que envolva atividades argumentativas.

A proposta apresentada por Toulmin em *The uses of argument* (1958) tem destaque em muitos dos trabalhos da área de ensino e aprendizagem em ciências empenhados em investigar a argumentação (por exemplo, Cross, Taasobshirazi, Hendricks, & Hickey, 2007; Newton et al., 1999; Osborne et al., 2004; von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2008). Em alguns trabalhos, tal proposta é utilizada para subsidiar a construção de ferramentas para a avaliação da qualidade dos argumentos. Geralmente, a qualidade é medida de acordo com a quantidade e o tipo de elementos identificados nos argumentos em detrimento do conteúdo dos argumentos em si. Quando o argumento tem uma conclusão, dado e garantia ele é inferior a outro argumento constituído desses elementos aliados a uma refutação, por exemplo. Alguns trabalhos objetivam também avaliar a qualidade da refutação proposta (por exemplo, Osborne, Erduran e Simon (2004)). Isto porque a habilidade de usar refutações é muito complexa, pois exige do aluno relacionar a teoria defendida por ele à uma teoria alternativa e mostrar que a sua é mais coerente (von Aufschnaiter et al., 2008). Isto que pode ser considerado uma tarefa difícil no ensino de ciências, em que muitas vezes o estudante e, às vezes, o professor (como evidenciado no trabalho de Correa (2011)) têm a visão ingênua de que há verdades absolutas e inquestionáveis na ciência. Essa visão pode impossibilitar ao indivíduo pensar em uma situação na qual a sua teoria é falha, ou mesmo supor que exista uma teoria coerente e alternativa à sua.

O trabalho de Kuhn (1991) é um dos que podem trazer contribuições significativas para investigações da relação entre argumentação e educação em ciências. Neste trabalho, ela pesquisou crianças e adultos, com níveis de escolaridade diferentes, acerca de suas capacidades argumentativas. Um dos resultados mais significativos desse trabalho foi o

esclarecimento de que a elaboração de bons argumentos não é uma característica que surge naturalmente, mas que é adquirida com a prática (Osborne et al., 2004).

Em outro trabalho, Kuhn apresenta uma estratégia em que alunos adolescentes se engajaram em várias atividades argumentativas (Kuhn, 2010). Ela identificou o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao posicionamento crítico dos alunos frente a argumentos de seus colegas em posição oposta a deles. Segundo Kuhn, é importante que o aluno reconheça a necessidade de ouvir com atenção o argumento de seu colega para que assim, em seguida, ele possa elaborar um contra-argumento que diminua a força daquele argumento. Ela considera essas habilidades cruciais para o desenvolvimento de uma argumentação genuína, isto é embasada por evidências. Segundo Kuhn, quando os alunos são capazes de considerar os argumentos um do outro e elaborar contra-argumentos, eles estão preparados para lidar com outro componente da argumentação: o uso de evidências. Nesse trabalho as evidências e a noção da importância dessas para a construção de argumentos e contra-argumentos mais fortes são introduzidas, gradualmente, ao longo das atividades. Ao final das mesmas, Kuhn identificou uma melhora dos alunos tanto em relação à percepção do papel das evidências para a argumentação, quanto em relação ao conteúdo, pois as evidências possibilitaram a percepção da complexidade das questões que eles estavam discutindo. Além disso, os alunos demonstraram consciência de sua melhora em alguns aspectos importantes para a argumentação.

Independentemente de pensar no ensino de argumentação de forma explícita, torna-se importante, segundo Jiménez-Aleixandre (2010), pensar em características gerais para o processo de ensino-aprendizagem que favoreçam a argumentação. Ela destaca que a argumentação ocorre se nas atividades em sala de aula os alunos têm a oportunidade de se envolver em tal prática. Em outras palavras, é importante que o ambiente e a cultura de sala de aula favoreçam a argumentação. Nesse sentido, alguns aspectos são essenciais: o papel ativo do aluno no processo de aprendizagem; o entendimento da aprendizagem como um processo social, e não individual; a relevância de trabalhos em grupos para favorecer a resolução de problemas; a necessidade de que esses problemas promovam a discussão em torno de várias soluções plausíveis, por meio da seleção e interpretação de dados etc.

Além da diversidade de materiais focados na argumentação na ciência e no ensino de ciências, existem ainda aqueles que discutem, em conjunto, argumentação e explicação, como apresentamos na seção seguinte.

## Explicação e Argumentação

Em alguns trabalhos da área de ciências e do ensino de ciências, a explicação é associada à argumentação, sendo que é dado maior destaque ora nas diferenças entre elas (Braaten & Windschitl, 2011; Osborne & Patterson, 2011, 2012; Vieira & Nascimento, 2009) ora nas semelhanças (Berland & McNeill, 2012; Berland & Reiser, 2008). Ambos os tipos de discussão contribuem para estabelecer um limite para essas duas práticas, bem como para perceber a indissociabilidade de ambas em processos de construção do conhecimento (Mendonça & Justi, 2013a).

Osborne e Patterson (2011) defendem que acontecem algumas confusões entre argumento e explicação porque o primeiro é essencial para justificar porque uma determinada explicação é válida perante outras acerca de um mesmo fenômeno. Portanto, embora os dois tenham uma relação no processo de busca de uma explicação mais adequada/plausível – uma vez que o mesmo acontece por meio da argumentação –, explicação e argumentação não são equivalentes.

Berland e Reiser (2008) apresentam a visão de alguns autores que trabalham com explicação e argumentação como práticas complementares. Eles citam autores que veem a explicação como um produto do processo de argumentação. Dessa forma, uma explicação pode, inclusive, ser considerada mais adequada e valorizada dentro de um contexto específico em que houve a argumentação. Duas estratégias para se trabalhar com essas práticas são apresentadas pelos autores, sendo que a diferença principal entre elas é o foco ou não na construção das explicações e/ou a forma como isso é feito.

Uma estratégia apresentada por Berland e Reiser (2008) é a de apresentar explicações em torno de um mesmo fenômeno para que os alunos se envolvam na argumentação, pois os defensores de cada explicação podem tentar convencer o outro de que sua proposta é a melhor. Uma segunda estratégia de trabalhar com essas duas práticas seria apoiar os estudantes na construção de explicações, incentivando-os a utilizar evidências que sirvam para defender sua explicação. Nesse caso, os autores destacam o uso de uma estrutura do argumento (que envolveria uma afirmativa defendida por uma evidência, explicitando a relação entre ambas) na construção de uma explicação. É importante destacar que apesar do uso de explicações ser frequente no ensino de ciências, não o é quando combinado com a argumentação. Considerando o que foi discutido sobre argumentação e explicação na ciência,

acreditamos que aliar essas práticas epistêmicas poderia melhorar o desempenho dos alunos na aprendizagem de ciência e sobre ciência.

Outro tipo de estudo encontrado na literatura e apresentado por Berland e Reiser (2008) é aquele em que não há preocupação em separar e identificar as características do discurso enquanto explicação. Os trabalhos de Scardamalia e Bereiter (2004) e de Hogan, Nastasi e Pressley (1999) são citados por Berland e Reiser, mas os autores afirmam que esses estudos envolvem o processo de construção de explicações por meio da negociação e persuasão entre os estudantes, ainda que não se preocupem com a diferenciação dessas ações. Por outro lado, Berland e Reiser (2008) se propõem a trabalhar com explicação e argumentação em uma espécie de combinação, pois acreditam que a superposição dos objetivos pedagógicos do uso de argumentação e de explicação sugira que seja mais simples trabalhá-las de forma conjunta.

Outra discussão atual é em torno da instrução explícita ou implícita acerca da diferenciação entre explicação e argumentação. Osborne e Patterson (2012) e Berland e McNeill (2012) concordam com a importância de uma instrução explícita. Os últimos, inclusive, afirmam que o fato de os estudantes saberem distinguir essas práticas epistêmicas pode facilitar a transferência desse entendimento para outros contextos que não os de sala de aula. Embora haja alguns estudos que defendam que a instrução implícita possa induzir os alunos a argumentar de forma algorítmica, Osborne e Patterson (2012) afirmam que essa não é uma razão suficiente para desprezar o ensino explícito.

Berland e Reiser (2008) nomeiam como “processo de construção e defesa de explicações científicas” a argumentação envolvida em práticas de proposição e crítica de conhecimentos, uma vez que argumentos são necessários nas justificativas e persuasões sobre a melhor explicação. Ainda segundo os autores, nesse processo existem alguns objetivos: *dar sentido ou significação (sensemaking)*, que compreende selecionar evidências e conceitos da ciência para dar sentido a um fenômeno; *articular*, isto é, relacionar esses conceitos (raciocínio) e evidências; e *persuadir*, convencer outras pessoas acerca da explicação proposta. Segundo os autores, não há uma hierarquia nem uma relação de dependência entre esses objetivos. Eles podem, inclusive, ocorrer simultaneamente no processo de construção e defesa das explicações.

No caso do primeiro objetivo, o estudante deve selecionar e utilizar evidências para estabelecer uma relação coerente com sua afirmativa. Em outras palavras, ele deve fundamentar sua proposta com o uso de uma ou mais evidências adequadas, sendo que, provavelmente, esse tipo de evidência e a afirmativa serão dependentes da disciplina em questão e do tipo de atividade que está sendo realizada. Por exemplo, em um experimento de medição de temperatura de ebulição (TE), o aluno pode utilizar os dados obtidos para relacionar as maiores TE com uma proposta, elaborada por ele, que ordena as substâncias de acordo com a intensidade das interações intermoleculares das mesmas.

O segundo objetivo, *articulação*, está associado com a comunicação. O estudante deve articular sua proposta de maneira adequada, considerando o vocabulário específico da disciplina, ou seja, a linguagem científica, e deve comunicar à sua audiência (outros colegas ou professor) a explicação que ele elaborou, mostrando a relação entre as evidências e sua afirmativa. Continuando com o exemplo anterior, o aluno teria que mostrar a relação, nesse caso causal, entre a intensidade das interações intermoleculares e as TE das substâncias.

Finalmente, a *persuasão* está associada à argumentação e à interação social entre o estudante e os outros indivíduos, pois ele deve tentar convencer outros de que a sua proposta é a mais pertinente, sabendo comparar sua hipótese com outras e mostrando que as evidências se adequam melhor à sua afirmativa. Ainda com o mesmo exemplo, o aluno poderia afirmar que uma proposta que ordena as TE relacionando às interações intermoleculares das substâncias, de forma diferentes da dele, é incorreta. Para convencer sua audiência disso, ele poderia, por exemplo, mostrar que a atribuição de maiores TE às substâncias com interações mais intensas é mais coerente do que uma proposta que associa uma baixa TE com uma interação mais intensa. Devemos destacar, ainda, a importância do processo de persuasão entre pesquisadores, quando esses comunicam suas ideias para uma comunidade específica buscando mostrar que as mesmas são coerentes com o conhecimento existente e que são as mais adequadas diante de outras propostas. Dessa forma, ter a oportunidade de passar por essa experiência pode contribuir para o estudante compreender melhor, pelo menos em parte, os processos da ciência.

Berland e Reiser (2008) defendem que analisar a prática de estudantes em termos desses objetivos pode auxiliar os professores e pesquisadores da educação na identificação dos pontos de sucesso e das dificuldades mais específicas dos estudantes. Isto poderia contribuir para o desenvolvimento de estratégias para auxiliá-los. Nesse mesmo trabalho, é

apresentada uma unidade didática que foi aplicada visando favorecer a ocorrência de situações em que os estudantes passariam pelo processo de construção e defesa de explicações científicas. Assim, os autores teriam dados para analisar o desempenho dos indivíduos em termos dos três objetivos citados anteriormente. Para auxiliar a execução dessas atividades, os proponentes das mesmas acrescentaram uma instrução explícita do que é importante como componente das explicações científicas propostas pelos alunos: afirmativa, evidência e raciocínio.

- **Afirmativa:** é a resposta para uma questão. Suas características podem variar dependendo da questão, podendo ser uma descrição, por exemplo. Segundo McNeill (2011), essa é a parte de uma explicação científica de elaboração mais simples e também mais fácil de ser identificada em relação aos outros componentes.
- **Evidência:** consiste em um ou vários dados que os estudantes devem selecionar e associar à sua proposta na afirmativa elaborada. Esses dados podem ser fornecidos de diversas formas: uma informação de um texto, dados numéricos de uma tabela ou gráfico, uma observação experimental etc.
- **Raciocínio:** essa parte corresponde aos relacionamentos envolvendo por que e como uma evidência dá suporte à proposta do aluno. Pode-se dizer que ela funciona como uma justificativa que conecta as evidências e a afirmativa proposta. Essa conexão pode ser feita de duas maneiras: utilizando um conhecimento prévio e teorias científicas ou descrevendo uma relação lógica entre evidências e afirmativa, isto é, fazendo inferências.

Esses componentes de uma explicação científica, como foram propostos, são muito semelhantes a alguns elementos do padrão de argumentos de Toulmin, apresentado anteriormente. A afirmativa se assemelha à conclusão; as evidências aos dados; e o raciocínio à garantia, sendo os significados desses elementos praticamente os mesmos apresentados aqui para os componentes de uma explicação. A esse respeito, Osborne e Patterson (2011) apontam os trabalhos de Berland e Reiser (2008) e de McNeill e Krajcik (2008) como exemplos de trabalhos que identificaram conflitos entre os termos explicação e argumento pelo fato de se utilizar o primeiro termo em situações em que se caracterizavam elementos do segundo. Inclusive, nesse mesmo trabalho, os autores fazem essa crítica a vários trabalhos da área de educação em ciências que apresentam algum tipo de confusão na caracterização de explicação e argumento.

Outra crítica feita por Osborne e Patterson (2011) se relaciona aos objetivos apresentados por Berland e Reiser (2008). No caso de fundamentar uma afirmação com evidências, os autores argumentam que uma explicação é dada a partir do pressuposto de que um fenômeno ocorreu, não sendo necessária uma evidência para validar a explicação desse fenômeno. Por exemplo, quando o professor solicita ao aluno que explique porque o sal de cozinha (NaCl) é solúvel em água, o aluno deve fornecer uma explicação em termos das interações entre as partículas do soluto e do solvente sem, no entanto, recorrer à própria dissolução como evidência para a sua afirmação, pois a ocorrência da mesma já é um fato. No caso da persuasão (outro objetivo apontado por Berland e Reiser (2008)), Osborne e Patterson (2011) argumentam que uma explicação é elaborada para responder o *porquê* de algum fenômeno ou evento e não com o objetivo de persuadir.

Osborne e Patterson (2011) utilizam os termos latinos “*explanan*” e “*explanandum*” relativos a uma explicação. O primeiro corresponde ao conhecimento e aos artifícios que são utilizados para elaborar uma explicação, enquanto o segundo diz respeito ao que se deseja explicar. Assim, o *explanandum* é algo posto, que geralmente é tomado com mais certeza em relação ao *explanan*. Por exemplo, no caso da questão “Por que a temperatura de fusão do NaCl é muito maior do que a da água?”, para fornecer uma explicação adequada seriam necessários conhecimentos acerca da natureza e intensidade das interações entre os íons e entre as moléculas, além de energia (isso seria *explanan*). Por outro lado, a grande diferença nas temperaturas de fusão seria o que estamos interessados em explicar isto é, o *explanandum*.

Segundo Osborne e Patterson (2011) o que diferencia uma explicação de um argumento é a função epistemológica da cada um. Com o propósito de estabelecer novas explicações para os fenômenos de interesse, os cientistas mobilizam conhecimentos prévios e outras explicações já bem estabelecidas (consensualmente aceitas na comunidade científica), propondo uma hipótese explicativa. Seguidamente, pode haver argumentação em torno de várias hipóteses explicativas para a escolha daquela(s) mais plausível(is), o que culminaria com uma explicação bem estabelecida ao final desse processo. Os componentes de uma hipótese explicativa podem ser confundidos com os dados e garantias de um argumento e, nesse caso, as diferentes funções de uma explicação e de um argumento identificam cada um. A primeira é elaborada com o objetivo de propor ou aperfeiçoar o entendimento acerca de um fenômeno, enquanto o segundo busca justificar uma afirmação em detrimento de outra ou persuadir uma

audiência. Neste processo, na medida em que ocorre argumentação acerca de uma ou várias hipóteses explicativas, essas são alvo de críticas e avaliações em um processo que é social, envolvendo a comunidade científica. Assim, ao final, caso exista um consenso, há uma mudança de status epistemológico de hipótese para explicação (Osborne & Patterson, 2011).

## **O Uso de Representações no Ensino de Ciências**

Em geral, é fácil identificar uma variedade de formas de expressar conhecimento e informações, tais como gráficos, diagramas, vídeos, equações, textos etc. no discurso da ciência. Todas essas formas estão presentes nos trabalhos dos cientistas, de acordo com a adequação e a demanda do que se deseja comunicar. Assim pode-se dizer que, embora o discurso verbal seja essencial, ele não é a única forma de comunicação utilizada, devido às suas limitações e às abrangências de outras formas de expressão. Assim, na medida em que a centralidade do discurso verbal é questionada, a ciência é cada vez mais compreendida como multimodal.

Nessa perspectiva, alguns autores (por exemplo, Kress, Ogborn, & Martins, 1998; Lemke, 1998a, 1998b; Márquez et al., 2003; Padilha & Carvalho, 2011; Piccinini & Martins, 2004) seguem uma linha de análise do discurso que considera o caráter multimodal deste na ciência e no ensino de ciências e trazem contribuições importantes para o ensino e, portanto, para nosso trabalho. De acordo com esses trabalhos, nos discursos das ciências e no ensino de ciências é reconhecida a importância de outros modos semióticos de comunicação além do verbal (seja escrito ou oral) (Kress et al., 1998; Márquez et al., 2003, 2006). Modo semiótico é aqui entendido como sistemas de recursos semióticos (por exemplo, gestos, imagens, fala, escrita etc.) com determinadas funções que tornam possível a comunicação (Márquez et al., 2003). Lemke (1998b) afirma que os diferentes modos semióticos ocorrem simultaneamente no discurso, cada um construindo um tipo de significado que não seria possível com apenas um deles.

Lemke (1998a) apud Márquez et al. (2003) sugere o termo híbrido semiótico para expressar que os conceitos na ciência são simultaneamente, verbais, visuais, matemáticos e gestuais. Além disso, os modos semióticos podem ser considerados canais de comunicação de informações, sendo que é a interação entre diferentes modos que torna possível a aprendizagem – compreendida por aqueles autores como um processo dinâmico de construção de novos significados (Capecchi, 2004 apud Padilha & Carvalho, 2011).

No caso das salas de aula de ciências, a construção dos significados se faz a partir das palavras (ditas e escritas), dos diagramas, das fórmulas, dos experimentos etc. Nesse contexto, é importante destacar que a linguagem verbal é um dos modos semióticos, mas não é sempre o modo mais adequado na socialização de um determinado assunto. Por outro lado, a aprendizagem é o resultado de um processo dinâmico em que as ações são socialmente compartilhadas e, portanto, os professores e alunos fazem uma construção conjunta (Padilha & Carvalho, 2011). Nessa perspectiva, o contexto em que se estabelece uma comunicação e a construção de significados se torna muito importante, pois sem ter conhecimento do mesmo, dificilmente, seria possível compreender o significado de uma ação comunicativa (Márquez et al., 2003).

Assim, entendemos que um discurso é multimodal se ele é constituído de diferentes recursos que possibilitam a comunicação, tais como gestos, palavras (escritas ou faladas), desenhos, gráficos, diagramas etc. Tal entendimento é coerente com o de outros autores que consideram esse discurso como caracterizado pela presença de diferentes modos semióticos (Márquez et al., 2003; Piccinini & Martins, 2004). No entanto, no prosseguimento desse trabalho, quando nos referirmos aos diferentes modos presentes no discurso estaremos nos referindo aos modos representacionais (explicados mais adiante nessa seção). Porém, nesse momento, podemos apontar algumas semelhanças entre os modos semióticos e os modos representacionais. Por exemplo, o modo semiótico gestual compreende qualquer movimento que o indivíduo faça com o corpo ou com parte do mesmo para se expressar, da mesma forma é entendido o modo representacional gestual. Mas também existem diferenças como no caso do modo representacional verbal, que abrange as fala e a escrita enquanto, diferentemente, existem os modos semióticos específicos da fala e da escrita. Neste trabalho, optamos por usar o termo *representações* porque esta é a nomenclatura utilizada em ciências para designar tais recursos para a comunicação de ideias.

Assim como no discurso na ciência em geral, que é reconhecidamente multimodal, no caso da química a utilização de diferentes recursos para a comunicação aliados (ou não) ao discurso verbal é, perceptivelmente, comum e necessária (Gilbert, 2005; Kozma & Russell, 2005). Isto devido ao seu caráter fortemente abstrato quando comparada a outras ciências. Assim, consideramos que na química, talvez mais do que em outras ciências, as representações de diversos tipos são essenciais e desempenham um papel tão central quanto um discurso caracterizado como verbal.

Kozma & Russell (2005) afirmam que há dois tipos de representações utilizadas pelos químicos na busca de entendimento dos fenômenos: as representações internas, que também podem ser chamadas de representações ou modelos mentais, e as representações externas, que também são chamadas de visualizações pelos autores. As representações internas são aquelas desenvolvidas na mente no indivíduo (por exemplo, quando o químico “vê” alguma molécula ou alguma transformação em sua mente). As representações externas são aqueles construtos feitos pelo indivíduo para representar alguma entidade ou fenômeno, sendo que muitas vezes os últimos são invisíveis (alguns exemplos dessas representações são diagramas, gráficos, equações, desenhos simulações em computadores etc.). No presente trabalho, faremos essa distinção na nomenclatura desses termos somente quando desejarmos nos referir às representações mentais. Porém, como o foco desse trabalho são representações externas, vamos utilizar somente o termo *representações* para nos referir às mesmas.

Kozma, Chin, Russell e Marx (2000) (apud Kozma & Russell, 2005) fizeram um estudo sobre o uso das representações em química ao longo da história que ilustra a importância das representações para o processo de desenvolvimento do conhecimento em química e para a maneira como ocorre esse processo. Os autores concluíram que na medida em que aconteceram avanços nas representações disponíveis aos químicos, também surgiram novas abordagens nas pesquisas das substâncias e fenômenos químicos, assim como novas formas de se pensar sobre entidades e processos invisíveis. Eles citam o desenvolvimento das representações desde o século XVIII, com as mudanças na linguagem em relação às substâncias, utilizando um sistema de símbolos e nomenclatura química adequada, até o século XX em que os químicos começaram a utilizar modelos estruturais 3D (entre as décadas de 30 e 60), e quando surgiu a modelagem molecular em computadores (década de 60). Segundo os autores, esses avanços no sentido de representações mais detalhadas possibilitaram novas práticas e estudos em química, tais como aqueles relacionados à quiralidade e a estereoquímica nos compostos, entre outros<sup>5</sup> (Kozma & Russell, 2005).

Assim como as representações são importantes no trabalho dos químicos e para o desenvolvimento da química, também o são no ensino da mesma (Gilbert, 2005). No entanto, a maneira como os químicos visualizam as entidades e processos químicos é bem diferente da

---

<sup>5</sup> Esses exemplos de estudos são focados na disposição espacial de moléculas e, portanto, em aspectos tridimensionais das mesmas. Isso justifica a importância do desenvolvimento de ferramentas para representar as moléculas em três dimensões e, assim, facilitar o seu estudo.

maneira como os estudantes de química o fazem, tanto em relação às habilidades dos indivíduos para entender várias formas de representar como na utilização das representações (em práticas no laboratório, por exemplo) (Kozma & Russell, 2005).

Um estudo comparativo entre químicos (alunos de doutorado e profissionais de uma empresa farmacêutica) e estudantes de química no início da graduação (ou seja, recém-formados no que seria equivalente ao nosso ensino médio) apresentou resultados diferentes para o desempenho desses indivíduos (Kozma & Russell, 1997). Nessa pesquisa, estudantes e químicos eram solicitados a desempenhar duas tarefas individuais envolvendo diferentes representações de diferentes fenômenos (por exemplo, gráficos, animações, equações e trechos de vídeos). Na primeira, eles recebiam as representações e deveriam agrupar as mesmas de qualquer forma que fizesse sentido para eles, sendo que eles também explicaram os critérios para formar cada grupo. Na segunda tarefa, os indivíduos transformaram uma série de representações em outro tipo de representação (por exemplo, era dada uma equação e eles deviam fazer um gráfico correspondente àquela equação). O estudo concluiu que os químicos foram capazes de utilizar seu conhecimento conceitual e seus modelos mentais para dar sentido a diversas representações. Por outro lado, os estudantes (embora também utilizassem conhecimento conceitual) realizavam as tarefas utilizando mais as características superficiais das representações ou propriedades físicas das reações que eles observavam. Em outras palavras, os estudantes justificavam a formação de um grupo com base em características explícitas nas representações deste. Por exemplo, um indivíduo formou um grupo com duas representações e justificou afirmando: “foram adicionadas moléculas”. Uma representação era um vídeo, em que líquido foi adicionado a outro líquido azul e observa-se a formação de um sólido branco, enquanto a outra representação era uma animação, na qual apareciam moléculas sendo adicionadas a uma solução com moléculas diferentes, e em seguida algumas delas se combinavam e precipitavam no fundo do recipiente. No caso desse agrupamento com aquela justificativa (“foram adicionadas moléculas”), os autores entenderam que o indivíduo somente relatou uma informação disponível diretamente nas representações, ou seja, ele se baseou em uma característica superficial das representações. Por outro lado, outro indivíduo agrupou essas mesmas representações dando como justificativa o fato delas serem “reações de precipitação”. Nesse caso, os autores entenderam que a justificativa foi conceitual (Kozma & Russell, 1997). Nesse estudo ficou nítido que, além de um conhecimento conceitual mais profundo, indivíduos mais experientes também

apresentam melhor desempenho na utilização, comunicação e entendimento de diversas representações quando comparados aos estudantes.

Considerando especificamente o ensino de química, podemos destacar a importância dos modelos, aqui entendidos como representações parciais de objetos, eventos, processos ou ideias, elaborados com um determinado objetivo (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000). Isto porque os mesmos podem ser utilizados na visualização de entidades, relações de causas e efeitos e investigações acerca de um determinado fenômeno. Gilbert et al. (2000) afirmam que os modelos podem ter uma série de funções porque podem representar diversas classes de entidades, abrangendo representações do nível macroscópico e submicroscópico. Em outras palavras, os modelos podem representar fenômenos ou objetos visíveis (como uma simulação do movimento da Terra em torno do Sol ou uma maquete de um prédio, por exemplo), e fenômenos, processos e entidades dificilmente visíveis ou mesmo invisíveis (como um modelo para um átomo ou um vetor que representa uma força, por exemplo).

Nessa perspectiva, destacamos quatro tipos de modelos propostos por Gilbert (2005) que consideramos importante quando pensamos no ensino de ciências: *modelo mental*, *modelo exposto*, *modelo científico* e *modelo curricular*. O *modelo mental* é uma representação pessoal e privada formada por um indivíduo, estando sozinho ou em grupo. Enquanto a representação está na mente do indivíduo ela é inacessível. Porém, se o modelo mental é exposto de alguma forma e exposto para o domínio público, tem-se o *modelo exposto*. Quando o modelo é elaborado por cientistas e aceito consensualmente entre os pares daquela área da ciência, ele é chamado de *modelo científico*. No entanto, os modelos científicos raramente são utilizados no ensino, pois os estudantes podem não ter o conhecimento prévio necessário para entendê-los e/ou porque pode não ser preciso alcançar um entendimento tão profundo acerca do fenômeno. Assim são realizadas simplificações naqueles modelos, resultando então nos chamados *modelos curriculares*. Esses modelos curriculares variam de acordo com os níveis de ensino em que eles são trabalhados.

Gilbert (2005) propôs cinco modos de representação de modelos, sendo que esses modos são constituídos de submodos, apresentados, a partir da síntese feita por Queiroz (2009), no quadro 2.1.

Quadro 2.1. Modos e submodos representacionais (Queiroz, 2009 p. 32, adaptação nossa).

Modo	Submodo	Exemplo
Concreto	Representações feitas de material manipulável	Representação de uma molécula, construída com bolinhas de isopor e palitos.
Visual (tridimensional)	Gráficos	Gráfico de energia potencial versus distância internuclear (poço potencial) para a formação da molécula de hidrogênio.
	Desenhos	Representação de uma molécula, por meio do desenho de bolinhas que representam os átomos.
	Tabelas	Tabela contendo dados das temperaturas de fusão de diferentes substâncias.
	Animações	Simulação, produzida no computador, do distanciamento das moléculas durante a fusão de uma substância.
	Modelos virtuais	Desenho pseudo-tridimensional, produzido no computador, mostrando as três dimensões da estrutura do grafite.
Simbólico (bidimensional)	Símbolos químicos	Símbolo químico do elemento carbono.
	Fórmulas químicas	Fórmula molecular da sacarose.
	Equações químicas	Equação química representando a fusão do iodo.
	Expressões matemáticas	Expressão matemática da Lei dos gases ideais.
Verbal (oral ou escrito)	Descrição das entidades e das relações entre elas em uma representação	Descrição do que representa as bolas de isopor e os palitos em um modelo construído com tais materiais.
	Exploração das metáforas e analogias nas quais um modelo se baseia	Ligação covalente envolve o <i>compartilhamento</i> de elétrons.
Gestual	Utilização de movimentos do corpo ou partes dele	Movimentos com as mãos para descrever o afastamento ou a aproximação de moléculas durante uma mudança de estado físico.

Gilbert afirma que, no caso da química, e talvez em outras ciências, os modos concreto, visual e simbólico são predominantes. Por isso, “transitar” entre esses modos e submodos de representação é essencial para o entendimento dos fenômenos químicos. Ele afirma que é necessária, ainda, a habilidade de transitar entre os níveis em que um modelo pode ser representado. Esses níveis foram propostos por Johnstone (1993) como:

- Nível *macroscópico*: consiste naquilo que pode ser observado diretamente (no que é visível), seja no laboratório ou no cotidiano.
- Nível *submicroscópico*: consiste na representação das entidades que constituem o que é observado no nível macroscópico e nas relações entre elas que justificam as propriedades do que é observado.
- Nível *simbólico*: consiste em abstrações qualitativas usadas para representar entidades do nível submicroscópico ou relações quantitativas entre elas.

Embora a transição entre esses níveis representacionais seja uma habilidade importante para o entendimento da química, os estudantes apresentam dificuldades nesse sentido (Kozma, 2003; Kozma & Russell, 1997).

Kozma e Russel (2005), após estudos sobre as representações em química e no ensino desta, desenvolveram o que eles chamam de *competência representacional*, isto é, um conjunto de habilidades e práticas para serem incluídas no currículo de química. Nesse mesmo sentido, Gilbert (2008) apresenta o termo *metavisualização*, sendo que esta seria a capacidade relacionada à facilidade do indivíduo no processo de atribuir significado a uma representação. Essa capacidade envolve habilidades de adquirir, monitorar, integrar e ampliar a aprendizagem a partir das representações. Além das quatro habilidades apresentadas por Gilbert, uma quinta é considerada por Justi, Gilbert e Ferreira (2009), sendo todas apresentadas a seguir.

Queiroz (2009) estabeleceu relações entre as propostas de Kozma e Russell e de Gilbert, a partir das semelhanças que ela identificou entre as mesmas. A existência dessas semelhanças entre as propostas evidencia que as mesmas são coerentes e que as habilidades apontadas pelos autores são relevantes para a aprendizagem dos estudantes em relação às representações. Ao apresentarmos cada uma das habilidades relacionadas à *competência representacional* (propostas por Kozma e Russel) e associadas às habilidades relacionadas à *metavisualização* (propostas por Gilbert), evidenciamos também as relações de similaridade estabelecidas por Queiroz. Para isso apresentamos as habilidades relacionadas à competência representacional propostas por Kozma e Russell (em negrito) e, em sequência, as habilidades relacionadas à metavisualização propostas por Gilbert (iniciadas por algarismos romanos) que estão relacionadas com aquelas.

- 1. Utilizar representações para descrever fenômenos químicos em termos de entidades moleculares e processos.**

- I. Compreender as convenções utilizadas para as representações em modos 3D, 2D e 1D<sup>6</sup>, isto é, o que elas podem e o que elas não podem representar.
- 2. Utilizar palavras para identificar e analisar aspectos de uma representação e padrões de aspectos.**
  - II. Transpor um dado modelo para outros modos em que ele pode ser representado.  
Também há uma relação com a habilidade I de Gilbert.
- 3. Descrever como diferentes representações podem dizer a mesma coisa de diferentes maneiras e explicar como uma representação pode dizer algo diferente ou algo que não pode ser dita por outra.**

Relacionada à habilidade II de Gilbert, citada anteriormente.
- 4. Fazer conexões entre diferentes representações, para mapear aspectos de um tipo de representação naqueles de outra, e explicar a relação entre eles.**

Relacionada à habilidade II de Gilbert, citada anteriormente.
- 5. Gerar ou selecionar uma representação e explicar por que ela é apropriada para um determinado propósito.**
  - III. Construir uma representação em qualquer modo dimensional para um dado propósito.
- 6. Utilizar representações e seus aspectos em situações sociais como evidência para sustentar alegações, fazer inferências e previsões sobre fenômenos observáveis.**
  - IV. Resolver novos problemas usando uma abordagem baseada em modelos.
  - V. Utilizar a visualização como a base para fazer previsões sobre comportamentos para um dado modelo.
- 7. Assumir a posição epistemológica de que representações correspondem a, mas são distintas de, os fenômenos que são observados (compreensão básica do conceito de modelo).**

Kozma e Russell (2005) afirmam que o desenvolvimento da competência representacional não é uniforme e automático, sendo que um mesmo indivíduo pode apresentar diferentes desempenhos em relação a uma mesma habilidade, dependendo do contexto ou, ainda, apresentar alto nível de habilidades em relação a um tipo de

---

<sup>6</sup> Gilbert (2008) afirma que uma representação em uma dimensão (1D) consiste de símbolos como as equações matemáticas e os símbolos químicos para os elementos.

representação e baixos níveis em relação a outros. Entretanto, ao longo do tempo e vivenciando situações apropriadas, um estudante pode apresentar avanços em relação às habilidades representacionais, internalizando-as e integrando-as em sua prática regular.

Assim, nesse trabalho reconhecemos a importância das representações e do desenvolvimento dos estudantes em relação à elaboração e utilização das mesmas para a aprendizagem de ciências. Isto porque, como evidenciado nessa seção, a multimodalidade é uma característica inerente à ciência, e, mais especificamente na química e no ensino desta, é parte essencial para o entendimento e comunicação da mesma. Nesse sentido, acreditamos que esse trabalho pode contribuir para um melhor entendimento do papel das representações no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

### ***Modelagem***

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados obtidos a partir da aplicação de uma unidade didática baseada em modelagem. Para evidenciar as contribuições desse tipo de atividade, apresentamos nessa seção as principais características da modelagem relacionadas com o objetivo de nossa pesquisa.

Entendemos modelagem como o processo de construir, expressar, testar, avaliar e reformular modelos. Esse processo é comum nas práticas dos cientistas na produção, desenvolvimento e comunicação do conhecimento. Nesse sentido, defendendo o ensino de ciências autêntico, em que haja uma aproximação aos processos da ciência, Gilbert (2004) destaca a importância da modelagem nesta, e afirma que o entendimento acerca dos modelos e da modelagem é igualmente importante no ensino de ciências.

No entanto, os estudantes têm dificuldades em entender tanto a natureza de um modelo quanto o processo de construção e reformulação do mesmo (Schwarz et al., 2009; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002). Para alcançar esse entendimento não parece ser suficiente a transmissão direta de definições formais nem uma discussão sobre alguns modelos em particular (Erduran & Duschl, 2004; Schwarz et al., 2009). Assim uma alternativa a mais seria os estudantes vivenciarem o processo de modelagem a partir de atividades elaboradas com esse propósito. Dessa forma, eles realizariam práticas que poderiam favorecer o entendimento de cada passo na construção e reformulação dos modelos, ou seja, eles poderiam compreender melhor a natureza desse processo e do produto do mesmo.

Considerando as principais etapas na construção de modelos na ciência, Justi e Gilbert (2002a) propuseram o diagrama ‘Modelo de Modelagem’, no qual essas etapas são representadas (figura 3.1). Embora esse modelo tenha sido elaborado pensando nos processos do conhecimento científico, não há impedimentos em relação ao seu uso para o ensino. Pelo contrário, ele pode ser muito útil na elaboração e desenvolvimento de atividades, como evidenciado em alguns trabalhos (por exemplo, Maia & Justi, 2009b; Mendonça & Justi, 2011; Souza & Justi, 2012). Em todos os casos, o diagrama não foi apresentado diretamente para os estudantes, mas subsidiou a elaboração de atividades e as ações dos professores na condução das mesmas.

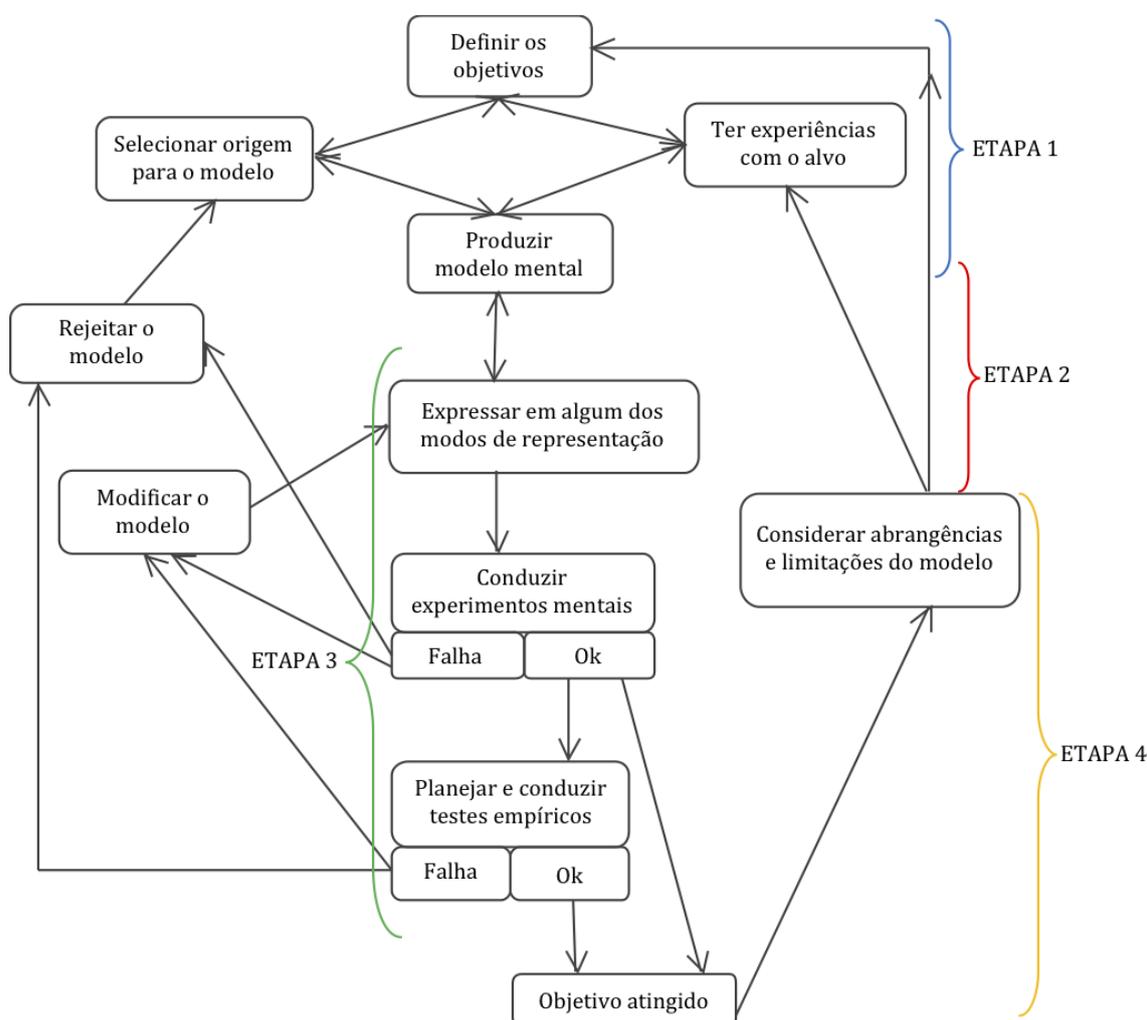


Figura 3.1. Diagrama Modelo de Modelagem (Justi & Gilbert, 2002a, p. 371).

Esse diagrama pode ser explicado a partir de uma divisão do mesmo em quatro etapas. A etapa 1 consiste na elaboração do modelo mental inicial. Esta etapa tem início com a definição do objetivo daquele modelo pelo indivíduo que conduz o processo. Assim ele pode

organizar os conhecimentos que já tem ou que adquire a partir da observação da entidade a ser modelada, “*ter experiências com o alvo*” (sendo que essas observações podem ser obtidas via experimentos ou por informações de fontes diversas, por exemplo, da literatura). Ainda nessa etapa, o indivíduo seleciona outros aspectos que podem ser utilizados para descrever o alvo, “*selecionar origem para o modelo*”, como, por exemplo, analogias para a situação-problema. Tendo realizado esses processos, ele está apto a fazer as relações pertinentes entre esses e então elaborar um modelo mental inicial. Como essa etapa é extremamente dinâmica, elas são relacionadas por setas duplas no diagrama, indicando que pode haver várias transições entre os elementos dessa etapa (Justi, 2006).

A etapa 2 é caracterizada pela expressão do modelo mental elaborado, sendo que essa pode ocorrer em vários modos de representação: concreto, verbal, visual, simbólico e gestual (como apresentamos no capítulo 2, na seção sobre o uso de representações). O indivíduo deve selecionar o modo representacional mais adequado para comunicar seu modelo mental. Como a transição do modelo mental para o modelo expresso ocorre, provavelmente, com modificações em ambos os modelos, essa etapa também é ligada à primeira por seta dupla, evidenciando a influência da mudança de um no outro.

A etapa 3 envolve a realização de testes dos modelos. Como é mostrado no diagrama, os testes podem ser realizados a partir de experimentos mentais<sup>7</sup> e/ou a partir do planejamento e execução de experimentos empíricos<sup>8</sup>. O número e o tipo de testes necessários não podem ser fixados, pois isto vai depender de fatores como especificidades do modelo e do contexto de modelagem e nível de conhecimento prévio de quem conduz a modelagem. Após a realização dos testes, caso o modelo tenha apresentado alguma falha, ele pode ser reformulado (retornando a algum elemento das etapas anteriores) ou mesmo abandonado (retornando à etapa 1). Isso dependerá dos resultados e da avaliação do elaborador do modelo (Justi, 2006).

---

<sup>7</sup> Experimentos mentais são processos de raciocínio que se baseiam em “resultados” de um experimento conduzido em pensamento. Para tanto, o indivíduo elabora uma questão do tipo “e se” que pode ser um experimento que poderia ter sido realizado em laboratório, mas que, por várias razões, é executado somente mentalmente; ou uma situação realmente imaginada que não poderia, em nenhuma circunstância, ser realizada em laboratório (Reiner & Gilbert, 2000).

<sup>8</sup> Caracterizados por atividades práticas, seguidas da coleta e análise de dados e pela avaliação dos resultados produzidos em relação às previsões derivadas do modelo (Justi, 2006).

Após essa etapa, com o modelo elaborado e testado, o indivíduo pode avaliar o mesmo em relação à sua abrangência – que pode ser maior ou menor do que o esperado com objetivo inicial – e às suas limitações, uma vez que todo modelo é uma representação parcial, elaborada com um objetivo específico. Esta avaliação das abrangências e limitações de um modelo constitui a etapa 4 do processo de modelagem.

Para o bom desempenho dos alunos nesse processo, Justi (2009) destaca a importância do professor na aplicação de unidades de ensino baseadas em modelagem. Segundo a autora, alguns trabalhos que tentaram caracterizar o conhecimento dos professores sobre modelos e modelagem (por exemplo, Justi & Gilbert, 2002a, 2002b) mostraram que, de um modo geral, os professores não têm competência nessa área e que, raramente, incluem atividades de modelagem em suas práticas. Por outro lado, Justi afirma que seria importante que o professor tratasse as aulas como um ambiente de investigação; auxiliasse os estudantes na realização das etapas do diagrama; e ajudasse os estudantes a desenvolver habilidades relevantes para a modelagem. Para alcançar isso, é necessário que os professores promovam a modelagem como uma das práticas científicas em suas aulas. Porém, essa não é uma tarefa simples, e a preparação do professor para a mesma deveria iniciar na sua formação inicial (Justi, 2009).

Outro aspecto importante é que, por meio das discussões com os estudantes durante as atividades de modelagem, o professor pode identificar e avaliar o entendimento dos estudantes acerca de aspectos conceituais envolvidos naquela atividade (Queiroz, 2009).

Os modelos elaborados podem ser referentes a diferentes níveis de representação: macroscópico, simbólico e submicroscópico; ou, ainda, a diferentes modos e submodos representacionais (Queiroz, 2009). Isto dependerá do objetivo do modelo e do que deve ser representado. Por exemplo, se um estudante deve elaborar um modelo para explicar como ocorre a ligação iônica em um determinado sal, o modelo será, necessariamente, referente ao nível submicroscópico. Em outro caso, o estudante pode ser solicitado a elaborar um modelo para uma mudança observada em uma reação de precipitação. Neste caso, o modelo é referente ao nível macroscópico. Ou ainda, o estudante pode ser solicitado a elaborar um modelo que mostre a proporção dos reagentes nessa reação, utilizando os símbolos dos elementos químicos: um modelo no nível simbólico. Essa variedade de possibilidades pode contribuir para que os estudantes transitem entre diferentes níveis e modos representacionais e, assim, os compreenda melhor (Queiroz, 2009).

Outra possível contribuição da modelagem é levantada por Justi (2009), quando ela afirma que a modelagem pode promover situações em que ocorra argumentação. Isto porque os estudantes podem ter que procurar e selecionar dados, avaliar a qualidade de diferentes informações, tomar decisões (entre dados ou modelos, por exemplo), justificar suas afirmações com evidências, comunicar suas ideias a seus colegas, analisar e criticar modelos seus e de outrem etc. Nessa perspectiva, Mendonça e Justi (2013b) investigaram as relações entre argumentação e modelagem, a partir da aplicação de uma unidade didática baseada no diagrama Modelo de Modelagem. Elas observaram a ocorrência de argumentação em todas as etapas do processo de modelagem vivenciado pelos alunos. As autoras concluíram, ainda, que as representações elaboradas pelos estudantes eram importantes tanto no processo argumentativo para visualizar alguma entidade ou fenômeno, quanto para construir explicações.

Assim, atividades baseadas em modelagem, podem promover o entendimento conceitual (Maia & Justi, 2009b; Mendonça & Justi, 2011; Souza & Justi, 2012) e favorecer o ensino de ciências mais autêntico (Gilbert, 2004), bem como a vivência das práticas de representar (Gilbert et al., 2010), explicar e argumentar (Mendonça & Justi, 2013b) pelos estudantes.

## **CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DESTA PESQUISA**

### **Definição dos Objetivos Gerais e Questões de Pesquisa**

A partir da revisão da literatura nas seções anteriores, mostramos que as práticas de argumentar, explicar e representar são inerentes à ciência sendo, conseqüentemente, importantes também no ensino de ciências. Destacamos também o caráter multimodal do discurso científico, ou seja, reconhecemos a relevância de outros modos de se comunicar na ciência, diferentes do modo verbal. Assim, argumentar e explicar são práticas que também podem ser caracterizadas como multimodais, muito embora a maioria dos trabalhos seja focada somente no modo verbal nas mesmas. Dessa maneira, as representações – sejam verbais, gestuais, simbólicas, concretas ou visuais – são parte do discurso argumentativo e explicativo. Contudo, revisando trabalhos na área do ensino de ciências, não encontramos estudos que contemplassem essas três práticas simultaneamente. Os trabalhos mais próximos que identificamos nesse sentido focam na relação entre argumentação e representações (Carmo & Carvalho, 2012; Padilha & Carvalho, 2011), ou no uso de representações no discurso de ciências no ensino de um modo geral (Márquez et al., 2003, 2006; Piccinini & Martins, 2004).

Na presente trabalho temos o objetivo de investigar as relações que podem ser estabelecidas entre as práticas de argumentar e explicar e o uso de representações durante as mesmas. Assim, as questões de pesquisa que norteiam essa pesquisa são: Como alunos do ensino médio utilizam representações em explicações e argumentações? Como a professora utiliza representações em explicações e argumentações? Como a professora contribui para que os alunos utilizem representações em explicações e argumentações?

### **Unidade Didática sobre Interações Intermoleculares**

As atividades que constituem a unidade didática em questão foram elaboradas em 2006, por um grupo de professores de química que participava de um curso de formação continuada fundamentado em modelagem. Durante esse curso, os professores elaboraram atividades baseadas no diagrama Modelo de Modelagem e as aplicaram em suas turmas regulares de ensino médio. O tema interações intermoleculares foi um dos escolhidos em função de os professores o considerarem de grande dificuldade para a aprendizagem dos estudantes do

ensino médio. A principal dificuldade dos estudantes seria em diferenciar a natureza e intensidade das interações interatômicas e intermoleculares. Assim, a unidade didática desenvolvida teve como foco a aprendizagem conceitual desses aspectos considerados de difícil compreensão (Mozzer, Queiroz, & Justi, 2007).

Além da aplicação das atividades durante o curso de formação, elas também foram aplicadas em outra oportunidade, um ano depois, em uma escola federal, sendo que essa aplicação forneceu dados para uma dissertação de mestrado (nesse caso somente a unidade didática sobre ligações iônicas) e uma tese de doutorado<sup>9</sup>. A utilização das atividades nessas situações possibilitou a análise e reformulação da unidade didática visando torná-la mais clara e favorecer melhor a aprendizagem dos aspectos conceituais. Assim, uma nova versão foi novamente aplicada e a partir desta coletamos os dados para esse trabalho (esta versão é apresentada no apêndice 1).

Na atividade 1 os estudantes obtêm informações sobre as substâncias iodo e grafite a partir do experimento realizado: o aquecimento de grafite e iodo. Assim, essa atividade está relacionada à subetapa *ter experiências com o alvo* do diagrama, porque tais substâncias são aquelas para as quais os alunos devem propor explicações para os comportamentos observados. Nessa atividade, os estudantes observam que duas substâncias formadas pelo mesmo tipo de ligação (covalente) apresentam comportamento diferente diante do mesmo experimento. Isto pode ser usado por eles na próxima atividade para a proposição de modelos que mostram interações diferentes nas duas substâncias para justificar a diferença de comportamento de ambas. Além disso, nas questões após os experimentos, os estudantes têm a oportunidade de apresentar algumas de suas concepções sobre a diferença entre os pontos de fusão e entre as interações das duas substâncias, o que também poderá auxiliar na realização da atividade 2.

Na atividade 2 é solicitada aos estudantes a elaboração de modelos concretos para explicar o comportamento das substâncias envolvidas no experimento que eles realizaram na atividade anterior. Para isso, são fornecidos diversos materiais, como: bolinhas de isopor de tamanhos diferentes, palitos de dente, pedaços de espiral, massinha de modelar etc. O

---

<sup>9</sup>A dissertação e a tese em questão podem ser obtidas na íntegra nos links: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-84VKF7> e <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-87CP36>

enunciado da atividade explícita que os estudantes devem modelar o nível submicroscópico. É importante destacar esse aspecto, pois os estudantes poderiam focar suas representações somente nas características macroscópicas do experimento, ou seja, na mudança de estado físico que eles observaram, sem explicar as diferenças entre o comportamento das substâncias durante o aquecimento (que é possível somente considerando as interações entre as partículas). É durante a elaboração desse modelo que os estudantes devem utilizar suas observações na atividade 1 e o conhecimento que eles mobilizaram para responder as questões após o experimento. Ainda nesse processo, os estudantes podem argumentar para defender ou refutar os modelos que são propostos dentro do próprio grupo, ou mesmo depois da escolha do modelo do grupo, durante a apresentação deste para a turma. De acordo com aplicações anteriores da atividade (Moizzer et al., 2007), os estudantes elaboram dois tipos de modelos. Um deles enfatiza o rompimento de interações interatômicas no iodo, nesse caso os argumentos de defesa se baseiam nas ligações covalentes entre os átomos de iodo e grafite serem de intensidade diferente de acordo com o número de elétrons compartilhados (no caso do grafite, como são compartilhados mais elétrons, as interações são mais intensas do que no iodo). O outro modelo enfatiza as interações intermoleculares, afirmando que o iodo precisa de menos energia para fundir se comparado com o grafite. Após a elaboração do modelo concreto, os estudantes devem fazer desenhos dos modelos que eles criaram. Essa solicitação propicia aos estudantes a oportunidade de se expressar em diferentes modos representacionais (principalmente nos modos concreto, visual, gestual e verbal). Assim, esta é uma possibilidade para que eles percebam as vantagens e/ou desvantagens de expressarem seu modelo (e, portanto, suas ideias) de diferentes maneiras. Considerando o diagrama, os estudantes vivenciam as duas primeiras etapas da modelagem, pois eles devem *elaborar* e *expressar* seus modelos.

Na atividade 3, os estudantes realizam um experimento que serve como teste para o modelo elaborado para o iodo. Portanto, ela está relacionada com as subetapas de *realização de experimentos mentais e empíricos* do diagrama (etapa de *testes*). Nessa atividade, aqueles grupos que tiverem elaborado um modelo propondo o rompimento de interações interatômicas (ligação covalente) nas moléculas de iodo nas mudanças de estado físico (modelos que apresentam átomos de iodo isolados no estado líquido e/ou gasoso) podem obter evidências de que suas ideias são inadequadas para explicar as novas observações. Isto é possível porque eles observam uma reação entre amido e iodo em que há mudança de coloração, sendo que a mesma acontece somente quando moléculas de  $I_2$  estão presentes

(isto é, quando ele é um dos reagentes). Esta explicação do experimento é fornecida aos estudantes e eles constatarem que há moléculas de  $I_2$  no iodo gasoso, pois são solicitados a aquecer o iodo sólido e colocar seu vapor em contato com o amido – o que permite a observação da mudança de cor característica da reação entre amido e  $I_2$ . Assim, espera-se que com o teste sugerido nessa atividade, aquele modelo que apresentava rompimento de interação interatômica seja reformulado ou abandonado, e que um modelo coerente com o experimento seja elaborado. Por outro lado, os grupos que haviam apresentado um modelo com a proposta de rompimento de interações intermoleculares têm a oportunidade de confirmar a coerência de seu modelo, pois ele explica o que é observado no experimento. Os argumentos dos estudantes devem ter como evidências os dados obtidos nas atividades realizadas até então (1, 2 e 3), no sentido de defender o modelo com rompimento de interações intermoleculares e/ou refutar o modelo com rompimento de interações interatômicas.

A atividade 4 é uma oportunidade para que os estudantes avaliem a *abrangência e as limitações* do modelo final da atividade anterior (última etapa do diagrama). Isto porque é realizado um novo experimento: aquecimento do açúcar até a decomposição, para o qual os estudantes devem elaborar um modelo. Assim, eles podem observar as similaridades desse experimento com o do iodo em relação à fusão, e constatar que o modelo anterior (da atividade 3, que contém a ideia de rompimento de interações intermoleculares) explica essa mudança nos dois casos. Porém, há uma diferença entre as duas substâncias e, portanto, nos modelos de ambas: o iodo líquido muda para o estado gasoso, enquanto o açúcar se decompõe antes dessa mudança. Ou seja, o modelo para iodo não explica essa mudança observada no aquecimento do açúcar (rompimento de interação interatômica), e esse fato pode ser considerado uma limitação daquele modelo. Por outro lado, caso algum grupo ainda esteja com um modelo de rompimento de interação interatômica, essa atividade serve como um *teste* que fornece mais dados para que ele perceba que o seu modelo é incoerente – o que favorece a reformulação de tal modelo ou a proposição de um novo. No caso da decomposição do açúcar, é interessante observar como os estudantes lidam com um dado anômalo em relação ao que observaram até então: a temperatura de rompimento de ligação interatômica é próxima da temperatura de fusão<sup>10</sup> (rompimento de interações intermoleculares).

---

<sup>10</sup> Em 2011 novos estudos divulgaram que o açúcar não funde, somente se decompõe. Porém, quando os dados foram coletados (2009) a visão científica predominante era a apresentada na atividade.

A atividade 5 tem o objetivo de fornecer uma oportunidade para que os estudantes ampliem seu conhecimento em relação à intensidade das interações nas substâncias moleculares. Isto porque nela os estudantes têm evidências de que existem diferentes intensidades nas interações intermoleculares nas substâncias, o que justifica as diferenças nas temperaturas de mudança de estado físico. Essa atividade não foi aplicada na oportunidade em que obtivemos nossos dados devido a problemas relacionados ao cronograma da escola. Por isso, a professora utilizou os dados para uma discussão breve com os alunos sobre os diferentes tipos de interações intermoleculares em uma aula mais expositiva. A professora afirmou que esse aspecto deveria ser mais explorado no ano seguinte, de acordo com o programa de conteúdo dos alunos.

## CAPÍTULO 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### Coleta de Dados e Amostra

Os dados dessa pesquisa são parte de uma coleta de dados mais ampla realizada visando outro estudo (uma tese de doutorado<sup>11</sup>). Este tinha o objetivo de investigar o desenvolvimento da qualidade dos argumentos dos estudantes quando ensinados a partir de unidades didáticas baseadas em modelagem e relacioná-los às etapas desse processo. Assim, a pesquisadora fez o estudo e as escolhas mais adequadas à sua pesquisa em relação à escola, aos estudantes participantes, à professora, à forma de coleta de dados etc. Algumas dessas escolhas e suas justificativas são apresentadas mais adiante nessa seção, pois os dados do presente trabalho originaram-se das mesmas.

No caso da pesquisa de doutorado, a coleta de dados abrangeu a aplicação de duas unidades didáticas, a primeira relativa ao ensino de ligações iônicas (Mendonça & Justi, 2009b) e a segunda ao ensino de interações intermoleculares (detalhada na seção anterior). Isto ocorreu entre fevereiro e junho de 2009, incluindo o período de preparação com a professora que aplicou as atividades e a coleta de dados na sala de aula. Esta aplicação das unidades didáticas gerou uma imensidão de dados (que não detalhamos no presente trabalho em função de isto extrapolar nosso interesse aqui), que se mostraram interessantes para subsidiar outras pesquisas nas quais se discutiram questões distintas. Com isso, além de subsidiar a tese de doutorado que mencionamos, parte desses dados foram utilizados, por exemplo, em uma dissertação de mestrado sobre a co-construção do conhecimento em um processo de ensino baseado em modelagem<sup>12</sup>. No presente trabalho, apresentamos as informações gerais dessa coleta de dados mais ampla e detalhamos os aspectos que consideramos importantes para a compreensão dos leitores e para subsidiar a nossa análise.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública estadual da Região Metropolitana de Belo Horizonte e a unidade didática sobre interações intermoleculares foi aplicada nos meses

---

<sup>11</sup> Para maiores informações sobre a tese e os dados originados para a mesma pode ser acessado o link <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-8M7JCC>, no qual se encontra a tese na íntegra.

<sup>12</sup> Essa dissertação é apresentada na íntegra no link: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8UARCP>.

de maio e junho de 2009. A escolha por essa escola foi devido ao desejo de se realizar a pesquisa em uma escola pública e ao interesse e disponibilidade da professora dessa escola em participar da pesquisa.

A professora que aplicou as atividades é licenciada em Química, especialista em Ensino de Ciências pela Universidade Federal de Minas Gerais e, naquela época, tinha seis anos de experiência como professora de Química, tendo trabalhado em escolas públicas e privadas. Uma delas havia sido uma escola federal em que o ensino era centrado no estudante, sendo comum a prática de trabalhos colaborativos em grupo e de atividades investigativas, ou seja, um ensino não tradicional. Assim, devido a essa experiência da professora, acreditava-se que ela possuiria habilidades pedagógicas importantes para a condução de uma unidade didática baseada em modelagem – aspecto efetivamente comprovado durante a coleta dos dados.

Antes da aplicação da unidade didática sobre ligações iônicas, a professora recebeu um texto com informações sobre o diagrama Modelo de Modelagem e seu uso no ensino, as atividades dessa unidade e vídeos com aulas de modelagem em que essas atividades foram aplicadas pela pesquisadora da tese. Em seguida, ocorreram dois encontros com a professora, nos quais foi discutido o ensino baseado em modelagem e as atividades. Após a aplicação dessa primeira unidade didática, a professora e a pesquisadora acordaram em aplicar também a unidade didática sobre interações intermoleculares. Porém, entre as duas aplicações foram ensinados os temas ligações covalente e metálica, sendo que o mesmo foi feito pela professora utilizando a metodologia que ela estava habituada a usar (ou seja, não por modelagem). A professora também recebeu as atividades de interações intermoleculares antes da aplicação da mesma para que elas pudessem ser analisadas e discutidas previamente com a pesquisadora.

A escolha da turma em que foram realizadas as atividades foi feita considerando dois aspectos: o programa curricular da escola, que previa o ensino de ligações químicas na segunda série do ensino médio; e o horário das aulas que viabilizasse a coleta dos dados, (nesse caso eram três aulas semanais distribuídas em dois dias, sendo cada aula de 40 minutos).

A turma escolhida era constituída de 38 estudantes da segunda série do ensino médio regular noturno. Havia estudantes com idade entre 16 e 18 anos, ou seja, na faixa etária esperada para essa série e alguns poucos estudantes mais velhos, na faixa etária de 30 a 40

anos de idade. A maioria deles havia cursado a primeira série do ensino médio na mesma escola, na qual era previsto o ensino dos seguintes conteúdos para tal série: propriedades dos materiais, modelo de partículas, modelos atômicos, tabela periódica e aspectos qualitativos das reações químicas.

A unidade didática sobre ligações iônicas foi a primeira experiência dos alunos com atividades de modelagem, seguida pela unidade sobre interações intermoleculares. Até então, os alunos estavam acostumados ao ensino tradicional, focado no professor, em que eles eram receptores de conhecimento e as aulas eram basicamente expositivas.

As atividades foram realizadas em grupos, sendo que estes foram formados aleatoriamente pelos próprios estudantes, com um número variado de integrantes, totalizando ao todo seis grupos.

As aulas foram filmadas pela pesquisadora principal e por uma assistente de pesquisa, sendo que as duas câmeras ficavam, quase sempre, em duas posições pré-definidas de acordo com o interesse daquela pesquisadora para a sua coleta de dados<sup>13</sup>. A figura 4.1 mostra como elas estavam posicionadas.

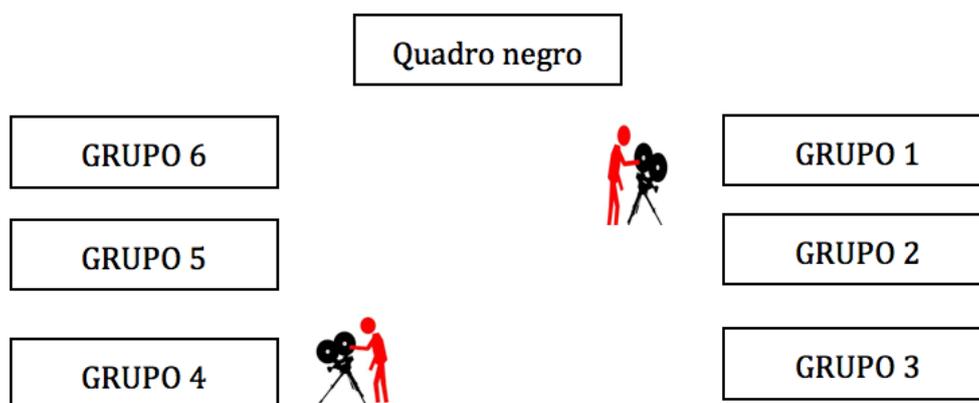


Figura 4.1. Posição das câmeras e dos grupos durante as filmagens.

---

<sup>13</sup> Para a sua tese, a pesquisadora tinha o interesse em entrevistar os estudantes. Como os integrantes dos grupos 1, 2 e 3 tinham disponibilidade para chegar mais cedo na escola para as entrevistas, os grupos em que eles estavam foram o foco da filmagem das aulas.

As aulas aconteceram no laboratório de ciências da escola, pois haviam seis bancadas para os grupos acomodarem (como mostra a figura 4.1.). A aplicação da unidade didática de interações intermoleculares demandou 9 horas/aula.

## **Análise dos Dados**

De forma resumida, pode se dizer que o processo de análise dos dados se iniciou a partir dos vídeos das aulas em que os alunos realizaram as atividades da unidade didática. Todos os vídeos foram assistidos e os trechos em que alguma representação era utilizada foram selecionados. Assim foi possível identificar e analisar os discursos argumentativos e explicativos em que as representações eram utilizadas.

Para uma descrição mais detalhada da análise dividimos esse processo em três etapas: seleção dos dados relacionados ao objetivo da pesquisa; estabelecimento de critérios para determinar as situações argumentativas e explicativas; e criação de categorias para as funções das representações. A seguir fazemos uma apresentação de como foram realizadas essas etapas.

Para a seleção de dados, primeiramente todos os vídeos das aulas gerados pela filmagem da aplicação da unidade didática sobre interações intermoleculares foram assistidos. Nessa mesma etapa, os trechos em que a professora ou os alunos utilizavam alguma representação foram selecionados para a transcrição. Utilizamos esse critério para a seleção dos vídeos devido ao nosso interesse em investigar como as representações são utilizadas no discurso. Destacamos que a transcrição abrangeu todos os modos representacionais, isto é, não só a fala, mas também gestos, modelos concretos, desenhos, entre outros. Dessa forma, foi possível visualizar o processo como um todo, ou seja, as práticas discursivas e o uso das representações junto às mesmas.

Nesta etapa, os trechos selecionados foram todos das aulas de realização das atividades 2 e 3. Na atividade 1 não ocorre utilização das representações porque nela os estudantes realizam somente tarefas que possibilitam a obtenção de informações e levantamento de conhecimento prévio que podem ser úteis para construir os modelos. Somente na atividade 2 eles são solicitados a elaborar esses modelos. Exatamente por isso a maioria dos trechos selecionados nessa etapa é referente a essa atividade (somente um não foi originado na mesma). O outro trecho escolhido ocorreu durante a realização da atividade 3,

na qual os alunos realizam um teste dos modelos elaborados na atividade anterior. Isso faz com que eles tenham que utilizar seus modelos novamente, o que nos forneceu um novo trecho interessante para a análise. Não selecionamos trechos da atividade 4 porque os vídeos referentes às aulas de realização desta apresentaram defeito, impossibilitando a compreensão de quase todas as falas. Nos poucos trechos que conseguimos assistir, não identificamos a utilização das representações. Como dito anteriormente (no capítulo 3, na descrição da unidade didática), a atividade 5 não foi aplicada e, portanto, não é analisada nesse trabalho. As falas dos participantes dos diálogos selecionados foram transcritas e suas representações foram recriadas, fotografadas e descritas (quando necessário).

Depois dessa primeira etapa de seleção dos dados, definimos os critérios para identificar as situações em que ocorria argumentação ou explicação entre os indivíduos (o detalhamento desses critérios é feito nas duas seções seguintes). Com isso, foi possível determinar, dentre os dados que foram transcritos, quais trechos se tratavam de situações argumentativas e quais eram explicativas. Essa identificação é importante porque investigamos o uso de representações na elaboração de explicações e na argumentação.

Os dados obtidos depois dessas duas seleções foram analisados para a identificação das funções das representações no discurso dos indivíduos. Essa análise originou as categorias que sintetizam todas as funções identificadas nos trechos. Como este sistema de categorias foi criado neste trabalho, ele é apresentado como o primeiro resultado, no próximo capítulo.

As etapas de determinação das situações argumentativa e explicativa e a classificação nas categorias para as funções das representações foram realizadas por três pesquisadoras (mestranda e orientadoras do trabalho) de forma independente. Os resultados dessa análise individual foram discutidos e os pontos de discordância identificados foram discutidos até o alcance de um consenso. Esta triangulação entre juízes visou garantir a confiabilidade da análise realizada nesse trabalho (Cohen, Manion, & Morrison, 2011).

### ***Situação explicativa***

Em nossa revisão de literatura, não encontramos um consenso em relação à definição de uma explicação. Porém, algumas características foram repetidamente apontadas como próprias das explicações. Assim, focamos nessas características para definir o que consideramos uma *situação explicativa* e então identificar essas situações em nossos dados.

Optamos por usar o termo *situação explicativa* e não simplesmente *explicação* devido às características dos nossos dados, em especial ao fato de os mesmos terem sido originados a partir da realização de atividades de modelagem realizadas em grupo e, portanto, envolvendo discussões entre os alunos em si e com a professora. Assim, embora seja possível identificar uma explicação elaborada por um aluno ou pela professora em alguns momentos, na maioria das vezes a explicação deve ser construída ao longo de um diálogo e não diretamente, por meio de uma única pergunta seguida pela resposta, por exemplo. Ou seja, em muitos casos a explicação não é apresentada em uma única fala do indivíduo. Nesse sentido, Martins et al. (1999) defendem que dificilmente é possível isolar uma sentença explicativa. Além disso, eles alertam para o fato de que o uso de marcadores como *portanto* e *porque* para identificar uma explicação não ser uma forma confiável de se identificar uma explicação. Assim, optamos por apresentar os trechos em que uma ou várias explicações eram construídas e chamamos esses trechos de *situação explicativa*.

É importante lembrar, como dissemos anteriormente, que devido ao nível de ensino dos alunos nesse trabalho, ensino médio, as explicações construídas por eles e fornecidas pela professora durante as situações explicativas são consideradas *explicações científico-curriculares*, pois devem ser coerentes com os modelos curriculares adotados para esse nível. Como na análise estaremos sempre nos referindo às explicações científico-curriculares, vamos nos referir as mesmas como *explicações*. Fizemos essa opção somente para simplificar o texto, mas ressaltamos o nível ao qual as explicações se referem.

Entre as características para as explicações que observamos nos trabalhos lidos, identificamos algumas tendências e uma coerência em relação a alguns aspectos apresentados. Considerando esses aspectos e a adequação dos mesmos aos nossos dados, caracterizamos uma situação explicativa em termos de três aspectos: descrição; esclarecimento; e relação de causa e efeito. Esses aspectos foram relacionados às explicações, por exemplo, nos trabalhos de Gilbert et al. (1998a) e Braaten e Windschitl (2011), sendo que o último afirma que descrições, esclarecimentos e relações de causa e efeito estão entre os tipos de explicações mais comuns no ensino de ciências.

A descrição é destacada por Gilbert et al. (1998a) como o tipo de explicação mais fácil de ser elaborada e, portanto, na maioria das vezes é a primeira a ser apresentada. Além disso, descrições possibilitam a construção de explicações mais elaboradas, como aquelas que apresentam reações de causa e efeito, por exemplo. Ainda sobre essas explicações mais

simples, Braaten e Windschitl (2011) destacam que existem explicações que focam em esclarecer alguma terminologia ou significado, ou em descrever um raciocínio, por exemplo, na resolução de um problema. Em nossa análise, concordamos com esses autores em relação às descrições e esclarecimentos, mas destacamos algumas características que são específicas em nosso caso devido à natureza dos nossos dados. Como os alunos realizam atividades baseadas em modelagem, eles devem, frequentemente, descrever o modelo (ou parte deste) elaborado pelo grupo e esclarecer algumas características do mesmo para outro colega ou professora.

Outra característica possível nas situações explicativas é elaboração de relações de causa e efeito. Assim como Gilbert et al. (1998a), acreditamos que explicações dessa natureza são mais complexas do que aquelas que apresentam somente descrições ou esclarecimentos. Além disso, esse tipo de explicação pode ser simples, apresentando uma relação direta de causalidade para um fenômeno ou uma explicação mais complexa, por exemplo, apresentando dados matemáticos para estabelecer esse tipo de relação. Considerando especificamente, as atividades de modelagem, esperamos que os alunos utilizem os modelos construídos em seus grupos, por exemplo, para estabelecer relações de causa e efeito, e assim explicar determinados fenômenos que eles estejam modelando.

A nossa seleção das características de uma situação explicativa em função do estabelecimento de descrições, esclarecimentos e relações de causalidade não significa que desprezamos outras características ou tipos de explicações (como aquelas que envolvem o uso de dados matemáticos, por exemplo). Porém, devido às características das atividades aplicadas – baseadas em modelagem e envolvendo basicamente uma abordagem qualitativa de um tema abstrato –, as discussões e explicações geradas devem abranger alguns aspectos específicos e não contemplar outros. Por exemplo, o uso de dados estatísticos e equações matemáticas não é necessário nas atividades aplicadas, o que não favorece a construção de explicações matemáticas pelos indivíduos. Por isso, não descrevemos esse tipo de explicação como um dos aspectos característicos das situações explicativas nesse trabalho.

Outra característica geral relacionada às explicações e importante para a análise é a elaboração de questões que geram algumas explicações. No caso das questões, reconhecemos que, de um modo geral, as explicações são elaboradas quando alguém as solicita (Gilbert et al., 1998a). Por isso, entendemos que em uma situação explicativa pode ter uma ou várias questões que gerem explicações (tanto por parte dos alunos quanto da professora).

### ***Situação argumentativa***

Nesse trabalho, não temos como objetivo investigar os argumentos e os elementos constituintes dos mesmos. Por isso, não nos aprofundamos na caracterização de um argumento científico-curricular<sup>14</sup> (apresentado na seção 'Os termos argumento e argumentação, capítulo 2). Como desejamos estudar o uso de representações na argumentação, decidimos caracterizar o que seria uma *situação argumentativa*, a fim de viabilizar a identificação das mesmas.

Porém, mesmo não sendo o nosso foco principal, é importante ressaltar algumas características em relação ao *argumento científico-curricular* para que as situações argumentativas fiquem mais claras. Nesse sentido, nós seguimos o trabalho de Mendonça (2011), no qual esse tipo de argumento foi apresentado. Assim como no caso das explicações, na análise vamos simplificar o termo e utilizar somente *argumento*, sendo que estamos nos referindo aos argumentos em acordo com os modelos curriculares do ensino médio. De forma simplificada, entendemos o argumento como uma afirmação subsidiada por justificativas e pelo uso de evidências.

Considerando o contexto das atividades de modelagem, os argumentos devem ser elaborados com o objetivo de defender ou criticar determinado modelo. Nesse caso, as evidências utilizadas nos argumentos devem ser dados (fornecidos aos alunos ou observados em um experimento) que sejam coerentes com o modelo elaborado. As justificativas devem trazer relações entre essas evidências e o conhecimento prévio do aluno empregado na construção do modelo.

Para caracterizar as situações argumentativas, destacamos o trabalho de Baker (2009), que ressalta o aspecto social da argumentação. O autor apresenta alguns tipos de situações em que podem ocorrer argumentações. Apesar de reconhecermos a coerência das quatro situações em que pode ocorrer argumentação propostas pelo autor (e representadas no esquema apresentado na figura 2.1), destacamos as situações 3 e 4 (figura 4,1) como as mais importantes para o nosso trabalho devido ao comportamento dos estudantes durante a realização das atividades.

---

<sup>14</sup> Para mais informações consultar Mendonça (2011).

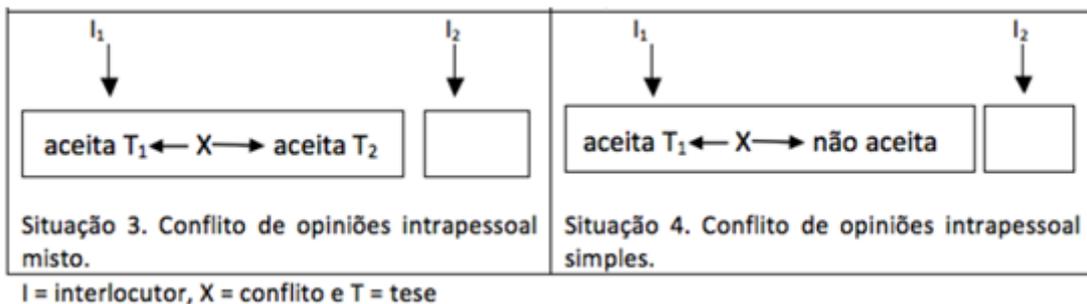


Figura 4.1. Recorte do esquema apresentado por Baker (2009).

Na situação 3, um indivíduo ( $I_1$ ) está em dúvida em relação a duas teses e busca optar por uma delas por meio da discussão com um segundo indivíduo ( $I_2$ ), que não apresenta uma posição explícita (favorável ou contrária) em relação a nenhuma das teses. Na situação 4, um indivíduo ( $I_1$ ) está em dúvida em relação a uma única tese, ou seja, não está completamente certo de ser favorável ou contrário à mesma. Novamente, por meio da discussão com outro indivíduo ( $I_2$ ), que não apresenta uma opinião explícita em relação a essa tese, o primeiro indivíduo busca uma posição em relação à tese em questão.

Para evidenciar a relação dessas situações argumentativas propostas por Baker com o nosso trabalho, fizemos uma releitura das situações 3 e 4, e a representamos de forma análoga à proposta de Baker (2009) em um esquema (figura 4.2).

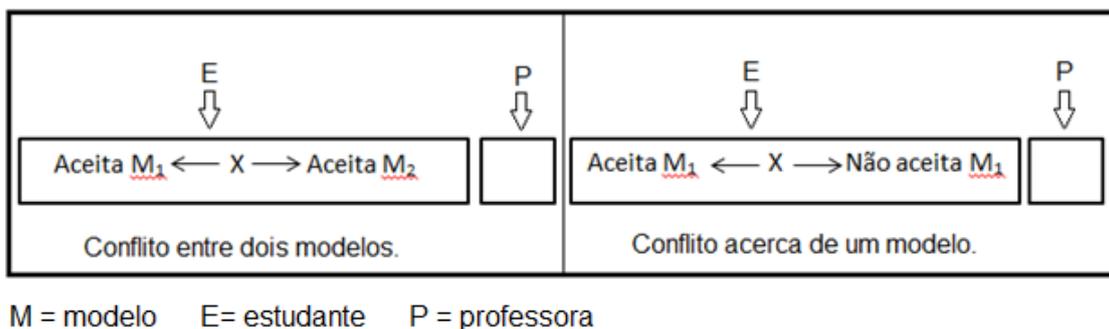


Figura 4.2. Releitura do recorte do esquema apresentado por Baker (2009).

Em nosso caso, o que foi chamado por Baker (2009) de indivíduo  $I_1$  pode ser um grupo ou um estudante (E) que está em dúvida em relação a um ou a mais modelos,  $M_1$  e  $M_2$  (correspondentes às teses na figura 4.1), enquanto o indivíduo  $I_2$  seria a professora (P). Em ambos os casos, o estudante busca um consenso por meio da argumentação com a professora (P). Isto porque ela deve participar das discussões com os alunos auxiliando-os, mas sem expor

diretamente o posicionamento mais adequado, isto é, o modelo curricular. Na primeira situação, o estudante está em dúvida em relação a dois modelos e deve tomar uma decisão entre um deles ao discuti-los com a professora. Por outro lado, na segunda situação o estudante está indeciso se aceita ou não um modelo e novamente deve se engajar em uma situação argumentativa com a professora para definir ou não a aceitação do mesmo. Assim, por meio da argumentação, ela deve ajudá-los para que eles mesmos possam chegar a um modelo mais próximo possível do curricular. Para auxiliar os alunos na tomada de decisão entre dois modelos, por exemplo, a professora participa da situação argumentativa criticando e questionando os alunos, enquanto estes defendem suas propostas. Nesse processo, os indivíduos podem apresentar evidências e justificativas coerentes com o seu ponto de vista, de modo a criticar ou defender um modelo. Ou, ainda, eles podem ser persuadidos a mudar de posição – no caso da modelagem, abandonar ou reformular os modelos que acharem incoerentes.

Outra característica específica das discussões durante as atividades de modelagem é a possibilidade das situações argumentativas serem em torno do código das representações desenvolvidas pelos alunos ou dos materiais escolhidos para construí-las. Isto porque dentro do próprio grupo pode haver discordância entre os integrantes quanto às vantagens e/ou desvantagens de se representar de determinada forma um fenômeno. Ou ainda, eles podem discordar em relação à coerência dos códigos utilizados com os aspectos conceituais que devem ser representados.

Um aspecto que discutimos na revisão da literatura foi a relação entre explicações e argumentações. Berland e Reiser (2008) propuseram o nome *processo de construção e defesa de explicações* para nomear a argumentação envolvida na proposição e crítica de conhecimentos, pois, segundo eles, para a obtenção de uma boa explicação são necessárias justificativas e persuasões acerca da mesma. Em concordância com essa ideia, neste trabalho admitimos que possa ocorrer argumentação relacionada com diferentes explicações, com o propósito de se alcançar uma explicação mais adequada em um determinado contexto.

É importante enfatizar que, assim como não nos preocupamos em analisar diretamente os elementos dos argumentos dos alunos, a princípio também não nos preocupamos em avaliar se seus argumentos são totalmente coerentes com o modelo curricular no que diz respeito aos aspectos conceituais. Isto porque o aluno pode não possuir todo o conhecimento prévio necessário ou este pode ser incoerente para a construção de um

modelo adequado ao curricular no momento da realização da atividade mas, ainda assim, ele pode construir um modelo coerente com o conhecimento que possui naquele momento inicial. No entanto, no decorrer das atividades esperamos que os alunos aprimorem seu conhecimento em relação aos aspectos conceituais a partir dos dados que são fornecidos nas atividades, das discussões nos grupos e com a professora e da socialização dos modelos e escolha daquele mais adequado<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Para mais detalhes sobre a classificação dos elementos do argumento e suas relações com os conhecimentos científicos, consultar Mendonça (2011).

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme explicado no capítulo anterior, após a análise dos diálogos e identificação das situações argumentativas e explicativas, prosseguimos com a análise do uso das representações pelos indivíduos. Para analisar as funções das representações ao argumentar e explicar, criamos um sistema de categorias que abrangem os diferentes usos que os indivíduos fizeram das mesmas durante as discussões entre estudantes ou entre estes e a professora. Esse sistema é o primeiro resultado de nosso trabalho. Na sequência, apresentamos os demais resultados deste trabalho, obtidos a partir da análise dos dados utilizando nosso sistema de categorias.

### O Sistema de Categorias

As categorias estão divididas em dois grupos de acordo com a sua relação com o objetivo dos indivíduos em determinado contexto. O primeiro grupo é constituído por aquelas categorias que, de certo modo, independem do objetivo geral do estudante ou professora no contexto do diálogo.

*Grupo 1: Funções das representações, independente do contexto dos objetivos dos indivíduos*

1. Reforçar o que o indivíduo está expressando oralmente.

Situações em que o indivíduo recorre às representações para reforçar algo que ele esteja falando. Normalmente, sua fala poderia ser entendida sem a representação. Porém, com o auxílio da representação o entendimento da fala do indivíduo tende a ser facilitado. A professora ou o aluno pode recorrer a essa ferramenta por julgar que essa forma torna a expressão da ideia mais clara, ou mesmo para enfatizar um aspecto específico de sua ideia.

2. Substituir o vocabulário científico específico.

Situações em que os estudantes utilizam uma representação substituindo um termo científico específico. Isso pode ocorrer em momentos em que eles não sabem ou esqueceram uma palavra científica adequada para se referir a um processo, fenômeno ou entidade já estudado ou, ainda, em momentos que eles ainda não têm segurança

com a utilização de um determinado vocabulário. No caso da professora, essa situação pode acontecer em momentos em que ela julgue mais simples não utilizar o vocabulário específico, visando facilitar a compreensão dos estudantes.

O segundo grupo de categorias é constituído por aquelas que dependem do contexto do objetivo dos indivíduos. Esse grupo é composto por cinco categorias.

*Grupo 2: Funções das representações considerando o contexto dos objetivos dos indivíduos*

1. Apresentar o modelo mostrando as informações de uma proposta.

Situações em que os estudantes expressam suas ideias por meio de um modelo elaborado de acordo com um exercício ou a partir de um pedido (direto ou indireto) de reformulação feito pela professora em algum diálogo. Nessa categoria têm-se aqueles momentos em que os estudantes estão expondo seus modelos de um modo geral, isto é, quando o modelo acabou de ser elaborado ou reelaborado por eles. Essa categoria não envolve a professora diretamente porque a mesma constrói modelos com outros objetivos (tais como representar uma ideia dos estudantes para melhor compreendê-los, tirar dúvidas de conceitos mais abstratos etc.). Em outras palavras, seus modelos são elaborados para atender o que é requerido nas atividades explicitamente.

2. Averiguar o entendimento de uma representação ou resposta, expondo novamente a representação ou destacando um aspecto implícito na apresentação do modelo pelo grupo.

Essa categoria pode ser identificada quando o indivíduo utiliza uma representação com objetivo de confirmar o seu entendimento acerca de algo que outro indivíduo apresentou. Ou, ainda, ela pode ser identificada nos momentos em que um indivíduo seleciona um aspecto específico da apresentação de uma ideia que não foi bem compreendido ou que estava implícita e faz uso da representação para tentar entender tal ideia. Essas situações podem acontecer, por exemplo, quando a professora quer confirmar se entendeu alguma ideia expressa pelos estudantes ou vice-versa.

3. Explicar um conceito ou aspecto específico.

Isto ocorre nas situações em que o indivíduo utiliza uma representação para fornecer uma explicação de algum conceito ou aspecto específico. Também são considerados nessa categoria aqueles trechos em que o indivíduo responde o outro sobre um determinado aspecto da representação em relação ao qual havia dúvida ou sobre um aspecto implícito, desde que tenha sido utilizado um tipo de representação nessa resposta. Geralmente, esse uso é feito pela professora quando ela julga necessário recorrer a uma representação como ferramenta para auxiliar no diálogo com os estudantes. Porém, isso também pode acontecer com os estudantes fazendo uso de uma representação com o mesmo objetivo, pois, em alguns momentos, eles não conseguem se fazer entender sem o uso de uma ferramenta extra, além da fala. No caso da professora, pelo fato de ela ter maior facilidade de se expressar, essa situação tende a ocorrer principalmente quando o conceito em discussão é mais abstrato, situação em que a representação pode ser essencial para facilitar o entendimento dos estudantes.

4. Mostrar a incoerência da representação e a forma mais adequada de se representar.

Essa situação é identificada quando a representação é utilizada para evidenciar algum aspecto incoerente dela própria ou de outra representação. Geralmente, ao mesmo tempo em que esse aspecto é destacado, também é demonstrada a forma que seria mais coerente (ou adequada) da representação. Essa incoerência diz respeito ao uso de códigos de representação que conflitam com algum conceito envolvido na representação. Na maioria dos casos é a professora quem faz esse tipo de ponderação frente a uma representação inadequada dos estudantes.

5. Fazer referência a uma representação de interesse.

Situações em que o indivíduo simplesmente aponta uma representação à qual está se referindo em um diálogo, ao invés de uma referência explícita ao que está sendo representado.

Para diferenciar os dois grupos de categorias, apresentamos dois exemplos de objetivos e contextos diferentes em que as representações tiveram a mesma função.

Primeiro exemplo: durante a realização de uma atividade, a professora pede a um estudante que ele apresente seu modelo de como uma ligação iônica é formada. Ele apresenta dizendo

que a essa ligação é formada por meio da atração de dois íons de carga oposta, sendo que, durante a sua resposta ele utiliza bolinhas de isopor de tamanhos diferentes (cada uma estaria representando um íon diferente) para *reforçar a sua fala*, fazendo gestos de aproximação das duas bolinhas.

Segundo exemplo: a professora pede a um estudante que ele explique como as partículas de um líquido se comportam quando o mesmo é aquecido, considerando o modelo cinético molecular. Ao responder, o estudante afirma que, na medida em que a substância é aquecida, as partículas constituintes da mesma se movimentam com maior velocidade e ocorrem mais colisões entre elas. Ao mesmo tempo em que o estudante responde, ele faz gestos juntando e afastando as mãos rapidamente, *reforçando sua fala*.

No primeiro exemplo, o objetivo do estudante era *apresentar um modelo* (ligação iônica) elaborado por ele, enquanto no segundo o objetivo era *explicar um aspecto de um fenômeno específico*, utilizando um modelo que era consensual para o estudante e a professora. Ou seja, em cada exemplo há uma função para as representações relacionada ao contexto dos objetivos dos indivíduos. No entanto, outra função da representação (no primeiro caso, no modo concreto e, no segundo, no modo gestual) foi identificada nas duas situações: *reforçar o que o indivíduo está expressando oralmente*. Portanto, esta é uma função que independe do contexto dos objetivos dos indivíduos.

Para facilitar a exposição dos resultados criamos legendas para as funções das representações e apresentamos no quadro 5.1. Para diferenciar as categorias dependentes dos objetivos dos indivíduos no contexto daquelas que são independentes utilizamos a letra D e a letra I, respectivamente.

Quadro 5.1. Legendas das funções das representações.

<b>Funções das representações, independente do contexto dos objetivos dos indivíduos</b>	
Reforçar o que o indivíduo está expressando oralmente.	I – Reforçar a fala
Substituir o vocabulário científico específico.	I – Substituir o vocabulário
<b>Funções das representações considerando o contexto dos objetivos dos indivíduos:</b>	
Apresentar o modelo mostrando as informações de uma proposta.	D – Apresentar o modelo
Averiguar o entendimento de uma representação ou resposta expondo novamente a representação ou destacando um aspecto implícito na apresentação do modelo pelo grupo.	D – Averiguar entendimento
Explicar um conceito ou aspecto específico.	D – Explicar
Mostrar a incoerência da representação e a forma mais correta de se representar.	D – Identificar/Corrigir
Fazer referência a uma representação de interesse.	D – Fazer referência

## **Análise dos Dados**

Para uma melhor apresentação dos resultados da análise dos dados foram criados quadros em que são explicitados: o tipo de situação discursiva (argumentativa ou explicativa), os diálogos entre os indivíduos no grupo e com a professora, a representação utilizada pelo indivíduo e a função da mesma.

Nós optamos por apresentar os trechos selecionados na ordem cronológica das aulas, mostrando separadamente as discussões nos grupos e desses com a professora. Fizemos essa escolha após analisar os vídeos das aulas e a transcrição dos trechos selecionados, pois percebemos que muitas vezes a professora tinha um mesmo objetivo que a guiava no início das discussões com cada grupo. Assim, podemos perceber as semelhanças e diferenças de cada grupo diante de questionamentos semelhantes da professora. No entanto, ressaltamos que essa característica não foi uma constante para todos os dados, pois em vários momentos ocorreram discussões específicas dos grupos.

Além disso, fazemos a caracterização de cada um dos trechos apresentados para que o contexto dos diálogos seja compreendido da melhor maneira possível. Porém, em muitos momentos tivemos dificuldade para compreender as falas dos indivíduos nos vídeos devido ao fato de o áudio ter sido registrado apenas na filmadora, isto é, sem utilização de microfones adicionais (o que fez com que, às vezes, os ruídos de fora da sala de aula se sobrepusessem à fala dos estudantes). Nos trechos em que não conseguimos compreender a fala dos estudantes utilizamos o código (?). Nos diálogos em que identificamos algum trecho de conversa paralela (assuntos não relacionados à atividade), ou algum trecho que julgamos irrelevante para a compreensão do contexto e análise dos dados, editamos o diálogo e utilizamos o código (...) para mostrar onde fizemos um recorte de falas.

Na apresentação dos diálogos, utilizamos a legenda das funções das representações (quadro 5.1) e um sistema de códigos para identificar quando as falas são referentes aos estudantes ou à professora. No caso dos estudantes, usamos o código EXGY, em que x é um número aleatório que identifica o estudante e y é o número do grupo ao qual ele pertence (por exemplo, E1G3, se refere ao estudante 1 do grupo 3). Por outro lado, as falas da professora são identificadas pela letra P. Também usamos códigos para nos referir aos modelos. MZGY<sub>substância</sub>, em que Z é um número que identifica o modelo e Y é um número que identifica o grupo, seguido pelo nome da substância que está sendo representada no modelo (por exemplo, M1G2<sub>iodo</sub>, se refere ao modelo 1 do grupo 2 para o iodo). Além disso, as figuras presentes nos quadros são identificadas pelo código figura y.w, em que y é um número que identifica o grupo e w é um número de ordem da apresentação das figuras (por exemplo, figura 3.8, se refere a oitava figura relativa ao grupo 3). Nos quadros, cada cor de fundo é referente a uma situação discursiva: branco para situação explicativa e cinza para situação argumentativa.

### ***Diálogos***

**A)** Diálogo A: entre a professora e o grupo 1 na atividade 2.

Nesse trecho, a professora se aproximou do grupo para sondar como estava o andamento da atividade 2, pois instantes atrás ela havia dado as instruções para os estudantes iniciarem a atividade. Ela tentou compreender os modelos que os alunos estavam elaborando e fez alguns questionamentos relacionados à ligação e ao compartilhamento de elétrons entre os átomos no iodo e no grafite. O diálogo é apresentado no quadro 5.2.

Quadro 5.2. Diálogo A.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Então a explicação não pode ser essa se os dois fazem ligação covalente. Por que você está propondo esse modelo para o grafite e esse modelo para o iodo?</i> [Professora mostra os modelos, mas não foi possível ver o primeiro, que representa o grafite. Pelo contexto das falas seria um modelo que representa átomos de carbono ligados por ligação covalente. O segundo é o da figura 1.1. (D – Fazer referência)]</p>	 <p>Figura 1.1. M1G1<sub>iodo</sub></p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>E2G1: (?) <i>Se ele der o elétron... (?)</i>  P: <i>Compartilhar.</i>  E2G1: (?) <i>É, compartilhar. É tudo a mesma coisa.</i>  P: <i>Não. Não é não. Se deu, deu! Foi! (?) Compartilhar é... É compartilhar, o termo.</i>  E2G1: <i>Então eles ficam perto, ficam juntinho...</i> [A aluna faz gestos com as mãos, tentando mostrar a proximidade, figura 1.2. (I – Reforçar a fala)]  P: <i>No grafite vocês acham que não tem compartilhamento?</i>  G: <i>Acho que tem.</i>  P: <i>Mas então, por que vai ser diferente?</i>  E2G1: <i>No iodo tem menos energia do que no grafite.</i>  E1G1: <i>De atração.</i>  P: <i>Tem menos energia de atração. Então você acha que nessa forma é mais fácil separar do que se tiver...</i> [Professora aponta os modelos, mas é possível visualizar somente um dos modelos, figura 1.1. (D – Averiguar entendimento)]  E2G1: <i>Mais agrupado, mais junto... Muito sólido.</i>  P: <i>Muito sólido não é uma palavra assim muito boa, né?!</i>  E2G1: (?)  P: <i>Ou, melhor dizendo, que tem temperatura de fusão...</i>  E2G1: <i>Muito alta.</i></p>	 <p>Figura 1.2. Gestos mostrando proximidade.</p>	<p>I – Reforçar a fala</p> <p>D – Averiguar entendimento</p>

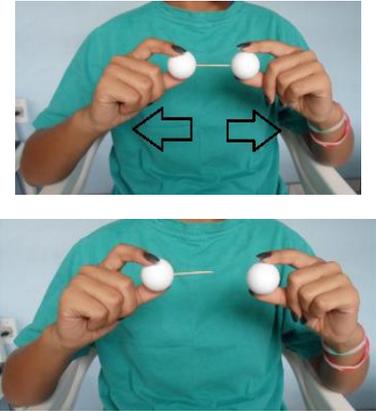
Nesse caso, a situação argumentativa (identificada com o fundo cinza) ocorre em torno da discussão iniciada pela professora ao questionar os alunos sobre o fato de haver dois modelos diferentes para as substâncias, embora eles reconheçam a ligação covalente e o compartilhamento de elétrons em ambas. A professora usa os modelos para mostrar do que ela está falando (D-fazer referência) e para tentar compreender a relação que os estudantes estabeleceram entre a ideia de “*menos energia de atração no iodo*” e a justificativa para os modelos diferentes (D-averiguar entendimento).

Os estudantes E1G1 e E2G2 tentaram justificar os modelos diferentes em resposta aos questionamentos da professora. Primeiramente, quando a professora questionou sobre a ligação covalente em ambas substâncias, E2G1 tentou falar do compartilhamento de elétrons nas substâncias e, ao fazer isso, recorreu aos gestos que enfatizavam o que ela estava falando (I-reforçar a fala). Em seguida, para justificar porque os modelos eram diferentes mesmo havendo compartilhamento de elétrons nas duas substâncias, os estudantes apresentaram uma nova ideia. Segundo E1G1 e E2G1, o fato de o iodo ter “*menos energia de atração*” faz com que suas partículas se separem mais facilmente em relação às do grafite, no qual as partículas estariam “*mais agrupadas*”.

**B) Diálogo B: entre a professora e o grupo 2 na atividade 2.**

Assim como fez no grupo 1, a professora se dirigiu ao grupo 2 para sondar como os alunos estavam realizando a atividade 2. Os alunos mostraram o modelo concreto para o grafite, que já estava pronto. Em seguida, a professora perguntou sobre o modelo para o iodo, perguntando quais seriam as características da substância antes, durante e após o aquecimento. O modelo concreto dos alunos para essa substância ainda não estava pronto, e, por isso, eles explicam apenas oralmente para a professora. Além disso, ela ressaltou o ponto principal da atividade: elaborar um modelo que explicasse os diferentes comportamentos do iodo e do grafite durante o aquecimento. Este diálogo é apresentado no quadro 5.3.

Quadro 5.3. Diálogo B.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>E o modelo do iodo, como é?</i></p> <p>E1G2: <i>Primeiro elas vão estar juntas no estado sólido, depois vai estar um pouco mais separado no líquido e em seguida...</i></p> <p>P: <i>Beleza, então eu quero ver o iodo antes do aquecimento, como seria?</i></p> <p>E2G2: <i>Tudo junto. É sólido.</i></p> <p>E1G2: <i>As partículas todas unidas.</i></p> <p>P: <i>Todas unidas. E que diferença tem entre o modelo do iodo e o modelo do grafite?</i> [Professora aponta o modelo para o grafite, figura 2.1. (D – Fazer referência)]</p>	 <p>Figura 2.1. M1G2<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>E2G2: <i>O iodo, ele passa do sólido para o líquido e gasoso também. E o grafite não, ele continua sólido sempre.</i> [E2G2 pega o modelo para o grafite, figura 2.1. (I – Reforçar a fala)] <i>Ele tem temperatura de fusão inferior à do grafite.</i></p> <p>P: <i>Pois é. Então, lembre-se que seu modelo tem que explicar porque a temperatura de fusão do iodo é tão menor do que a temperatura de fusão do grafite.</i></p> <p>E2G2: <i>É? Então eu tenho que explicar porque é tão menor?</i></p> <p>P: <i>Seu modelo tem que explicar isso.</i></p> <p>E1G2: <i>Porque a ligação existente entre eles é bem fraca em relação à do grafite.</i> [E1G2 utiliza material para modelo concreto e gestos de separação, figura 2.2. (I – Reforçar a fala; D - Explicar)] <i>No grafite a atração é muito forte, muito resistente.</i> [E1G2 faz gestos mostrando uma junção, figura 2.3. (I – Reforçar a fala; D - Explicar)] <i>Já no iodo é mais fraca, ou seja, fornecendo uma energia menor eu consigo fundir e em seguida ebulir.</i></p>	 <p>Figura 2.2. Gestos mostrando separação da ligação.</p>	<p>I – Reforçar a fala</p> <p>D – Explicar</p>

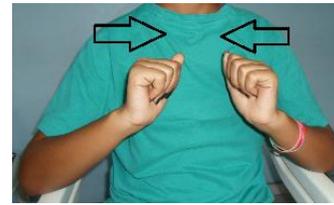


Figura 2.3. Gestos mostrando junção em uma ligação.

Nesse trecho, existem duas situações explicativas (identificadas por fundo branco). Na primeira, os alunos respondem a pergunta da professora sobre como seria o modelo do grupo para o iodo e sobre quais as diferenças deste para o do grafite. Nessa situação, as explicações são descrições de esclarecimentos dos modelos. A professora fez referência ao modelo concreto do grafite que apresentava todos os átomos juntos (figura 2.1), para questionar os alunos sobre a diferença entre ele e o modelo para o iodo, que eles tinham acabado de descrever afirmando que, no estado sólido, *“as partículas estariam todas unidas”*. Ou seja, embora as substâncias apresentassem comportamento diferente no aquecimento, os modelos pensados pelos estudantes para o estado sólido eram semelhantes. Eles explicaram a diferença descrevendo os resultados do experimento: a fusão e ebulição do iodo e a ausência de mudanças no caso do grafite. Ao mesmo tempo em que E2G2 descreveu o sistema, ele mostrou o modelo do grafite para reforçar a ideia de que não havia mudanças no mesmo (I-reforçar a fala).

Nesse segundo momento, outro integrante do grupo, E1G2, apresentou uma explicação causal. A professora mostrou aos estudantes que o foco deles deveria ser elaborar um modelo que explicasse a causa dos resultados diferentes para as duas substâncias, ou seja, o motivo de as temperaturas de fusão e de ebulição do iodo serem menores do que as do grafite. Diante do que a professora enfatizou sobre os modelos, E1G2 apresentou a explicação causal afirmando que *“a ligação no iodo é bem mais fraca em relação à do grafite”* e que como *“a atração no iodo é mais fraca, fornecendo uma energia menor”* é possível observar a fusão e ebulição. Embora o estudante tivesse sido claro ao se expressar oralmente, ele fez gestos durante toda essa fala (I-reforçar a fala), aparentemente com o objetivo principal de facilitar o entendimento da professora acerca de sua explicação (D-explicar).

### C) Diálogo C: entre a professora e o grupo 3 na atividade 2.

As integrantes do grupo 3 chamam a professora para ajudá-las, pois elas estavam com dificuldade em entender a atividade 2. Depois da orientação da professora, uma das estudantes recorreu aos materiais para elaborar um modelo para o iodo e o apresentou para a professora (figura 3.1). Esta observou uma incoerência nos modelos, pois as alunas usavam dois códigos diferentes (bolinhas de duas cores diferentes) para representar o átomo de iodo. A professora discutiu esse aspecto e as alunas parecem ter compreendido, pois mudaram suas representações. O diálogo é apresentado no quadro 5.4.

Quadro 5.4. Diálogo C.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>E3G3: <i>Iodo separa, mas ele volta novamente.</i> [E3G3 mostra o modelo, figura 3.1. (D – Apresentar o modelo)]</p> <p>P: <i>É, o iodo você viu que foi do sólido para o líquido, para o gás e depois voltou para o sólido.</i></p> <p>E2G3: <i>Ao invés de ser mais juntinho, vai ser mais separado. No sólido...</i></p>	 <p>Figura 3.1. M1G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>Ah tá! Você está achando que as ligações aí são mais separadas</i> [Professora aponta o modelo que a aluna tem em mãos, figura 3.2, quando ela se referiu ao iodo líquido (D – Fazer referência)] <i>e aqui elas são mais juntinhas?</i> [Professora aponta outro modelo, figura 3.1. (D – Fazer referência)]</p> <p>E2G3: <i>É.</i></p>	 <p>Figura 3.2. M2G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>E3G3: <i>Então do iodo pode ser assim.</i> [E3G3 demonstra no modelo, figura 3.3. (D – Apresentar o modelo)] <i>Depois elas vão ficar todas separadas né? Depois para de aquecer, elas vão ficar assim de novo!</i></p>	 <p>Figura 3.3. M1G3<sub>iodo</sub> durante a fusão.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>Entendi. Aqui seria o grafite então, todas juntinhas, não modifica nada. E no iodo elas estão juntas. Só que aí você está achando que eles vão se separar, né?</i> [Professora mostra os modelos, figuras 3.1 e</p>		<p>D – Averiguar</p>

<p>3.4. (D – Averiguar entendimento)].</p> <p>E3G3: <i>É. Foi aquecido separou.</i> [E3G3 fala e mostra no modelo ao mesmo tempo, figura 3.3. (I – Reforçar a fala)].</p>	 <p>Figura 3.4. M1G3<sub>grafite</sub>.</p>  <p>Figura 3.3. M1G3<sub>iodo</sub> durante a fusão.</p>	<p>entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>P: <i>Só que vamos melhorar isso, porque o iodo é I<sub>2</sub>. Então você tem que representar assim, né?</i> [Professora demonstra com o material como elas deveriam representar, figura 3.5. (D – Identificar incoerência e corrigir)]</p> <p>E3G3: <i>Só dois?</i></p> <p>P: <i>I<sub>2</sub>. São dois átomos de iodo, então você não pode representar assim. Porque se você representa com cor diferente (figura 3. 1), fica parecendo que são dois átomos diferentes. Então vocês vão ter que mudar as representações aqui.</i></p> <p>E3G3: <i>Então nós vamos usar só uma cor.</i></p> <p>P: <i>É porque o iodo é I<sub>2</sub>, são dois átomos de iodo ligados. Então seria só uma cor, concorda? E o carbono é C, então você usa uma cor para o C que é diferente da cor que você usa para o átomo de iodo. Entendeu?</i> (D – Identificar incoerência e corrigir)</p> <p>E3G3: <i>Como que é?</i></p> <p>P: <i>Se você usa uma cor para o átomo de carbono, você usa outra cor para o átomo de iodo. Entendeu? Ou então bolinha, você usa bolinha grande para o carbono e bolinha menor para o iodo, por exemplo.</i></p>	 <p>Figura 3.5. M2G3<sub>iodo</sub> feito pela professora.</p> <p>Simbólico: I<sub>2</sub>; C.</p>	<p>D – Identificar incoerência e corrigir</p>

<p>E3G3: <i>Então tá. Sólido.</i> [E3G3 demonstra no modelo, figura 3.6.] <i>Depois que aqueceu ficou separado.</i> [E3G3 demonstra no modelo, figura 3.6.] <i>Depois parou de aquecer, junta de novo, junta duas.</i> [E3G3 demonstra no modelo, figura 3. 6. (D – Apresentar o modelo)]</p>	 <p>Figura 3.6. M2G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>Isso aí é I<sub>2</sub>, né? I ligado com I.</i> [Professora pergunta sobre parte do modelo, figura 3.5. (D – Averiguar entendimento)]</p>	 <p>Figura 3.5. M2G3<sub>iodo</sub>.</p> <p>Simbólico: I<sub>2</sub>; I.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>E3G3: <i>Início!</i> [E3G3 mostra um par de bolinhas juntas, figura 3.7. (D – Apresentar o modelo)] <i>Aí no meio no líquido vai separar.</i> [E3G3 mostra duas bolinhas mais afastadas, figura 3.7. (D – Apresentar o modelo)] <i>Líquido.</i></p> <p>E2G3: <i>E gás.</i> [E2G3 pega as bolinhas que já estavam separadas e afasta mais, figura 3. 7. (D – Apresentar o modelo)] <i>E sólido.</i> [E3G3 mostra as bolinhas juntas, formando um par novamente, figura 3.5. (D – Apresentar o modelo)]</p> <p>P: <i>É isso que a gente quer, que vocês mostrem antes, durante e após. É isso mesmo! Agora faz para o carbono.</i></p> <p>E3G3: <i>No carbono vai ficar só assim!</i> [E3G3 mostra o modelo para o grafite, figura 3.4. (D – Apresentar o modelo)]</p> <p>P: <i>É esse aí seria seu o modelo para o grafite.</i></p> <p>E3G3: <i>É. Início, meio e fim.</i></p> <p>P: <i>Sem mudar nada.</i></p>	 <p>Figura 3.7. M2G3<sub>iodo</sub>.</p>  <p>Figura 3.4. M1G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>

E3G3: <i>É.</i>		
<p>P: <i>Vocês estão representando ele como C<sub>2</sub>? [Professora aponta o modelo, figura 3.4. (D – Averiguar entendimento)]</i></p> <p>E3G3: <i>É.</i></p> <p>P: <i>E aqui você está representando o I<sub>2</sub>. [Professora aponta o outro modelo, figura 3.5. (D – Averiguar entendimento)]</i></p> <p>E2G3: <i>O grafite é só o sólido...</i></p> <p>P: <i>Para vocês é o C<sub>2</sub>.</i></p>	<p>Simbólica: C<sub>2</sub>; I<sub>2</sub>.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>

No primeiro momento, identificamos uma situação explicativa (identificada com fundo branco). Após o grupo apresentar o modelo para o iodo (D-apresentar o modelo), a professora solicitou alguns esclarecimentos: primeiro se referindo às ligações que elas representaram para o iodo (D-fazer referência) e, segundo, comparando os modelos do grafite e do iodo (D-averiguar o entendimento).

No trecho seguinte, é caracterizada uma situação argumentativa (identificada com fundo cinza). Ele se iniciou quando a professora sugeriu que as estudantes mudassem o modelo, pois ela percebeu uma confusão nos códigos de representação do modelo apresentado para o iodo (figura 3.1) (o grupo representou átomos de iodo com bolinhas de cor diferente). Assim, a professora propôs outros códigos para as estudantes, justificou sua sugestão e mostrou a incoerência do modelo apresentado anteriormente, utilizando o material concreto (D-identificar incoerência e corrigir). A professora apresentou sua proposta uma segunda vez, utilizando também os símbolos para o iodo ( $I_2$ ) e o carbono (C) (D-identificar incoerência e corrigir). As alunas concordaram com a nova proposta, pois alteraram o modelo do grupo de acordo com a crítica da professora. Assim, essa situação argumentativa ocorreu em torno da discussão sobre o código de representação utilizado pelas alunas, criticado pela professora e em seguida modificado.

A partir do momento em que a estudante E2G3 apresentou o modelo modificado, consideramos que se iniciou uma situação explicativa em torno deste (identificada com fundo branco). Isto porque a professora pediu um esclarecimento sobre uma parte específica desse modelo (D-averiguar entendimento). Para responder a professora, as estudantes apresentaram novamente o modelo (D-apresentar o modelo). A professora, então, perguntou sobre o modelo para o grafite e E3G3 o apresentou imediatamente (D-apresentar o modelo). Novamente, a professora solicitou um esclarecimento sobre uma parte específica dos modelos que a estudante não havia explicitado (D-averiguar entendimento). Nesse caso, a professora utilizou tanto o modelo concreto quanto os símbolos.

**D) Diálogo D: entre a professora e o grupo 3 na atividade 2.**

A professora chegou ao grupo para averiguar o andamento da atividade e as estudantes aproveitaram para tirar dúvidas sobre as fórmulas do iodo e do grafite. Ao conversar com as alunas, a professora recorreu aos modelos concretos para questioná-las. Elas utilizaram gestos em momentos de maior dificuldade para se expressar. No entanto, estes não se mostraram

essenciais para o entendimento do trecho (somente ouvindo a gravação suas ideias seriam entendidas). Mas o fato de elas terem feito os gestos indica que eles eram importantes para as alunas como suporte, ou reforço, do que elas estavam dizendo. Ao final do trecho, ao expressarem o modelo (figura 3.13), as alunas insistiram na ideia de quebra de ligações covalentes, embora a professora tenha feito questões que favorecessem o raciocínio contrário. A discussão (apresentada no quadro 5.5.) se encerrou quando soou o sinal para o término da aula.

Quadro 5.5. Diálogo D.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Bom, cadê os modelos?</i>                      ES: (?)                      P: <i>A fórmula do grafite...</i>                      ES: <i>É o quê?</i>                      P: <i>É C. A fórmula do grafite é C.</i>(D – Explicar)</p>	<p>Simbólica: C</p>	<p>D – Explicar</p>
<p>E2G3: <i>Não é dois não? É só C?</i> (D – Averiguar entendimento)                      ES: <i>É só um?</i>                      P: <i>A fórmula é C!</i> (D – Explicar) <i>Que tipo de ligação o iodo e o grafite fazem?</i></p>	<p>Simbólica: C</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>(...)                      P: <i>É uma ligação covalente. Ambos fazem ligação covalente, ok? Bom, eu represento o iodo por I<sub>2</sub> e o grafite por C.</i> (D – Explicar)                      E2G3: <i>Só C?</i>                      P: <i>A fórmula dele é C.</i> (D – Explicar) <i>Agora como eu vou representar em um modelo que esteja de acordo com os fatos experimentais, o que o meu modelo tem que explicar?</i>                      E1G3: <i>Tem que ter o antes, durante e depois.</i></p>	<p>Simbólica: C; I<sub>2</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p>

(...)

P: *Então o grafite é formado por um átomo de carbono?*

E2G3: *É só um átomo?*

P: *Não, eu estou perguntando.*

E2G3: *Eu também quero saber.*

P: *O que acontece durante a fusão?*

E2G3: *Nada. A do grafite?*

P: *Não, durante a fusão de qualquer material.*

E2G3: *Tendem a separar. As partículas...* [E2G3 gesticula mostrando uma separação, figura 3.8. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)]

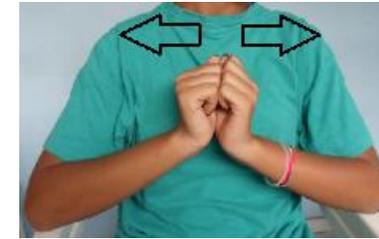


Figura 3.8. Gestos mostrando separação.

D – Explicar

I – Reforçar a fala

P: *Vão separar o que? Se só tem um aqui.* [Professora aponta para o modelo do grupo, figura 3.9. (D – Averiguar entendimento e I – Substituir o vocabulário)]

ES e E1G3: *São duas.*

P: *São duas?*

E2G3: *Não sei.*

E1G3: *Vamos supor que são duas.*

P: *Então vamos pensar. Vamos supor que são duas, então quer dizer que...*

E3G3: *O grafite não vai separar.*

P: *E por que não? E por que esse modelo...*

E3G3 e E2G3: *Porque a temperatura de fusão é bem alta.*



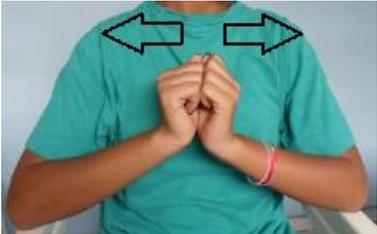
Figura 3.9. M2G3<sub>grafite</sub>.

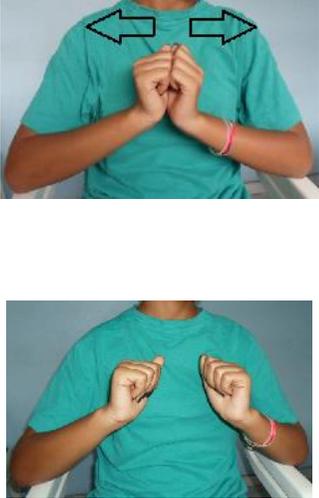
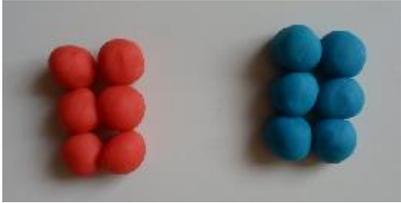
D – Averiguar entendimento

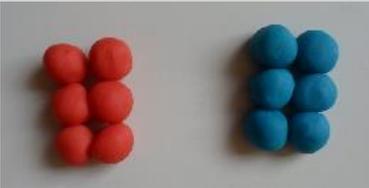
I – Substituir o vocabulário

<p>P: <i>Como a temperatura de fusão está justificada nesse modelo aqui?</i> [Professora aponta o modelo para o grafite, figura 3.4. (D – Fazer referência)]</p>	 <p>Figura 3.4. M1G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>E1G3: <i>Porque é antes e depois junto.</i>  E2G3: <i>Porque elas estão bem ligadas, estão bem...</i> [E2G3 gesticula mostrando a junção, figura 3.10. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]</p>	 <p>Figura 3.10. Gestos mostrando junção.</p>	<p>D – Explicar  I – Substituir o vocabulário</p>
<p>P: <i>Então vocês acreditam que o grafite é assim, formado por grupinhos de dois em dois?</i> [Professora demonstra no modelo, figura 3.11. (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)] <i>Isso?</i></p>	 <p>Figura 3.11. Modelo para o grafite entendido pela professora.</p>	<p>D – Averiguar entendimento  I – Reforçar a fala</p>

<p>E2G3: <i>Não, são vários.</i> [E2G3 modifica o modelo, figura 3.12. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] <i>Por que eles não se separaram.</i></p> <p>P: <i>Mas então estão todos juntos? Ou são dois a dois?</i></p> <p>E1G3: <i>Não, é tudo junto.</i></p> <p>E2G3: <i>Eu acho que é tudo junto.</i> [E2G3 mexe no modelo para mostrar para a professora, mas não é possível ver. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)]</p> <p>P: <i>Então o grafite... Olha, vocês estão mudando o modelo né!</i></p>	 <p>Figura 3.12. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>E3G3: <i>Não. É só para gente ver... Porque, tipo assim...</i> [E3G3 pega um par de bolinhas do modelo, figura 3.6.] <i>Porque se for dois, é só uma coisa, nenhum dos dois separou... É isso aqui no início, a mesma coisa durante e a mesma coisa no final.</i> [Ao mesmo tempo em que fala, a aluna mostra o modelo, figura 3.6. (D – Apresentar o modelo)]</p> <p>P: <i>Mas, isso é o que eu quero saber. Como é que está no estado sólido?</i></p>	 <p>Figura 3.6. M1G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>G: <i>Juntas.</i> [E1G3 e E2G3 gesticulam tentando mostrar a proximidade, figura 3.9. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)]</p> <p>E1G3: <i>A organização.</i></p> <p>P: <i>Ah tá! Então cada bolinha representa o que?</i></p> <p>E2G3: <i>O átomo. (?)</i></p> <p>P: <i>Então no estado sólido eu tenho vários átomos de carbono.</i></p>		<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

	 <p>Figura 3.9. Gestos mostrando junção.</p>	
<p>E2G3: <i>Mas você não disse que se os átomos forem iguais eles não se repelem?</i> [E2G3 gesticula tentando mostrar a repulsão, figura 3.8. (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)]</p> <p>P: <i>Não, não, veja bem: a ligação química ocorre pela atração, no caso compartilhamento, pela atração do núcleo de um e os elétrons do outro.</i></p> <p>E3G3: <i>Ah tá!</i></p>	  <p>Figura 3.8. Gestos mostrando separação.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

<p>P: <i>No desenho não mostra isso, mas na cabeça isso tem que estar claro, ok? Então nós evoluímos para dizer que no grafite, átomos de carbono... Quantos? Tem número definido?</i></p> <p>E3G3: <i>Não.</i></p> <p>E1G3: <i>Vários.</i></p> <p>P: <i>Vários átomos de carbono estão...</i></p> <p>E1G3: <i>Interligados, organizados e bem juntos.</i></p> <p>P: <i>E durante o aquecimento? Não modifica nada, por quê?</i></p> <p>E1G3: <i>Por que precisa de uma energia maior para romper a atração [E1G3 gesticula tentando mostrar o rompimento, figura 3.8. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)]</i></p>	 <p>Figura 3.8. Gestos mostrando separação.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>P: <i>Ok, para romper a atração entre eles. Ok! E o I<sub>2</sub>, como poderia ser? (D - Averiguar entendimento)</i></p> <p>E3G3: <i>(?).</i></p> <p>P: <i>Ok, ele é formado por iodo. A fórmula dele é I<sub>2</sub>.</i></p>	<p>Simbólico: I<sub>2</sub>.</p>	<p>D - Averiguar entendimento</p>
<p>E1G3: <i>(?). Mas aqui têm vários.</i></p> <p>P: <i>Ah! Então põe vários para eu ver. Isso aqui é o sólido? Que diferença esse modelo tem desse modelo? Lembrando que, esse modelo sofre fusão, esse não sofre? [Professora aponta os dois modelos elaborados pelo grupo, figura 3.13. (D – Fazer referência)]</i></p> <p>E1G3: <i>Esse aqui está menos ligado. [E1G3 aponta o modelo do iodo, representação azul na figura 3.13. (D – Fazer referência)]</i></p>	 <p>Figura 3.13. M2G3<sub>grafite</sub> (vermelho) e M3G3<sub>iodo</sub> (azul).</p>	<p>D – Fazer referência</p>

<p>P: <i>Mas eu não estou vendo isso não!</i></p> <p>E2G3: <i> Talvez seja assim.</i> [E1G3 e E3G3 modificam o modelo do iodo, figura 3.14. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]</p>	 <p>Figura 3.14. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>
<p>P: <i>Então beleza! Então deixa eu perguntar uma coisa: cada bolinha é um átomo de iodo, ok?</i></p> <p>G: [Alunas concordam.]</p> <p>P: <i>O que tem de diferente daqui para cá?</i> [Professora aponta os modelos para o grafite e o iodo, figura 3.13. (Averiguar entendimento)] <i>A atração é a mesma?</i></p> <p>E1G3: <i>É menor.</i></p> <p>P: <i>A atração entre esses dois aqui é a mesma de entre esses de lá?</i> [Não é possível ver o que ela aponta.]</p>	 <p>Figura 3.13. M2G3<sub>grafite</sub> (vermelho) e M3G3<sub>iodo</sub> (azul).</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>E1G3: <i>É. (?)</i> [E1G3 fala e demonstra no modelo, mas não é possível entender o que ela explica, figura 3.14.]</p> <p>P: <i>Por que a atração vai ser...</i></p> <p>E3G3: <i>Vai ser diferente.</i></p> <p>P: <i>Diferente, mas vai ser maior ou menor?</i></p> <p>G: <i>Menor.</i></p> <p>P: <i>Então a ideia é que esses grupinhos estejam, mesmo no estado sólido, mais afastados.</i> [Professora demonstra no modelo para o iodo, figura 3.12. (D - Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)]</p> <p>G: [Alunas concordam]</p>	 <p>Figura 3.14. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

<p>P: <i>Então vamos supor que isso aqui seja o sólido. E daqui para o líquido, o que vai acontecer?</i></p> <p>ES: <i>Vão separar.</i></p> <p>P: <i>O que vai separar?</i></p> <p>E3G3: <i>Essas ligações.</i> [Alunas mostram no modelo, separando mais as bolinhas, figura 3.15. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] <i>Porque eles vão perder a atração.</i></p> <p>P: <i>Então, quando ele passar de sólido para líquido não só os grupos vão se afastar, mas o próprio grupo vai se desfazer. É nisso que vocês acreditam?</i> [Professora demonstra no modelo, figura 3.15. (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)]</p> <p>G: [Alunas concordam]</p>	 <p>Figura 3.15. M4G3<sub>iodo</sub> líquido.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p> <p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>P: <i>Que tipo de ligação que tem aqui mesmo nos dois casos?</i></p> <p>G: <i>Covalente.</i></p> <p>P: <i>Covalente! Como é que acontece mesmo a ligação covalente?</i></p> <p>E1G3: <i>Um negativo e um positivo...</i></p> <p>P: [Nega com a cabeça].</p> <p>E2G3 e E1G3: <i>Núcleo com elétron?</i></p> <p>P: <i>Compartilhamento de elétrons. Então o tipo de ligação que ocorre aqui é o mesmo tipo de ligação que ocorre aqui.</i> [Professora demonstra nos modelos, figuras 3.12 e 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>E1G3: <i>É, só que aqui é menor.</i> [E1G3 aponta o modelo do iodo, figura 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>P: <i>Mas a ligação é a mesma?</i></p> <p>G: <i>É, é a mesma.</i></p> <p>P: <i>Então minha pergunta para vocês pensarem: por que aqui separa e aqui não separa.</i> [Professora aponta os modelos, figuras 3.14 e 3.12. (D – Fazer referência)]</p> <p>E2G3: <i>Porque a temperatura de fusão nesse é maior, não?</i> [E2G3 aponta o modelo do grafite, figura 3.12. (D – Fazer referência)]</p> <p>P: <i>Mas a temperatura de fusão maior é consequência do modelo?</i></p>	<p>Gestual: gestos de negação com a cabeça.</p>  <p>Figura 3.12. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>  <p>Figura 3.14. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p> <p>D – Explicar</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>

<p>E3G3: <i>Porque a atração é maior, não?</i></p> <p>P: <i>Mas por que a atração aqui é maior se o tipo de ligação aqui e aqui é o mesmo?</i> [Professora pergunta apontando os modelos, figuras 3.12 e 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>E1G3: <i>Por que são... Negócios diferentes.</i></p> <p>E2G3: <i>Porque elas estão bem juntas, bem organizadas</i> [E2G3 mostra o modelo para o grafite, figura 3.12. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)] <i>E ali não, elas já estão mais afastadas</i> [E2G3 aponta o modelo para o iodo, figura 3.14. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]</p> <p>P: <i>Ok, responde. Mas aí eu queria saber o comportamento durante a fusão. Depois a gente pensa sobre isso.</i></p>		
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Inicialmente, o diálogo é classificado como uma situação explicativa (identificada com fundo branco). À princípio, a estudante E2G3, apresentou dúvidas sobre a fórmula do grafite, as quais a professora esclareceu afirmando que esta era “C” e não “C<sub>2</sub>” (D-explicar). Ela também lembrou a fórmula do iodo (I<sub>2</sub>) e que a ligação química nas duas substâncias era covalente (D-explicar). Como as estudantes parecem ter continuado em dúvida sobre o significado da fórmula do grafite ser “C” (pois, o grupo apresentou um modelo com uma bolinha representando o grafite, figura 3.9), a professora solicitou às alunas que explicassem como ocorre a fusão em qualquer material. Elas responderam utilizando gestos (D-explicar e I-reforçar a fala) e a professora utilizou essa resposta para questionar o grupo sobre o modelo do grafite (D-fazer referência). O questionamento da professora levou as estudantes a apresentar novamente o modelo que elas haviam elaborado antes para o grafite com duas bolinhas (figura 3.4) e mostrar como ele explicava o alto valor de temperatura de fusão do mesmo (D-explicar e I-substituir o vocabulário). A professora, então, questionou o grupo sobre uma parte específica do modelo para o grafite (D-averiguar o entendimento e I-reforçar a fala). Ao responder, E1G3 e E2G3 modificaram e utilizaram o modelo (figura 3.12), mas não reconheceram que ele foi modificado (D-apresentar o modelo). A professora pediu novos esclarecimentos para o grupo sobre o grafite, e as estudantes utilizaram gestos para responder a professora (D-explicar e I-reforçar a fala). Em seguida, E2G3 apresentou uma dúvida à professora sobre a interação (atração e repulsão) entre os átomos em geral, gesticulando enquanto falava (D-averiguar entendimento e I-reforçar a fala). Ao explicar às estudantes, a professora estabeleceu uma relação de causalidade entre formação de ligação covalente e a atração núcleo-elétron. Como as estudantes parecem ter compreendido, a professora seguiu fazendo uma recapitulação dos modelos para o grafite e iodo com participação do grupo. Por meio dos questionamentos dela, as estudantes estabeleceram uma relação causal utilizando o modelo. Nesse caso, ao serem questionadas sobre o modelo para o grafite, elas afirmaram que nele os átomos estavam interligados, organizados e muito próximos, razão pela qual era necessário uma maior energia (em comparação com a da fusão do iodo) para romper a atração entre esses átomos (D-explicar e I-reforçar a fala). Em seguida, a professora pediu ao grupo que explicitasse a diferença entre os modelos, pois aparentemente eles eram semelhantes (figura 3.13) (D-fazer referência). E1G3 respondeu (D-fazer referência), mas a professora afirmou que o modelo do grupo para o iodo não era coerente com o que ela havia descrito. Assim, se iniciou uma situação argumentativa (identificada com fundo cinza).

A estudante E2G3 modificou o modelo para o iodo (D-explicar e I-substituir o vocabulário, figura 3.14) para tentar adequá-lo ao que E1G3 havia respondido. A professora então iniciou uma discussão com o grupo: primeiro em torno da diferença de atração entre as substâncias, representada nos modelos (D-averiguar entendimento e I-reforçar a fala), e segundo sobre como essa atração estaria relacionada com as mudanças de estado físico no iodo e sobre o modelo deste (D-explicar e I-reforçar a fala, figura 3.14 e 3.15). Essa discussão provocada pela professora parece ter sido intencional, visando facilitar o questionamento seguinte, que foi o foco da situação argumentativa. Ela questionou o grupo sobre o fato de as estudantes concordarem que existia o mesmo tipo de ligação no iodo e no grafite e, ainda assim, os modelos propostos serem diferentes quanto a esse aspecto (D-fazer referência). As estudantes apresentaram dificuldades diante das questões da professora. Inclusive em determinado momento, elas confundiram a relação entre o fenômeno da fusão e o modelo (D-fazer referência). Assim, ao invés de afirmar que as partículas no grafite não se separavam porque a atração entre elas é muito intensa (causa) e que, por isso, a temperatura de fusão é alta (efeito), E2G3 inverteu a relação causal e afirmou que no modelo não ocorria separação das partículas do grafite devido à temperatura de fusão deste ser maior. A professora questionou o grupo sobre essa inversão, mas as estudantes continuaram com dificuldades (D-fazer referências). A aula terminou antes que a professora pudesse continuar discutindo com elas.

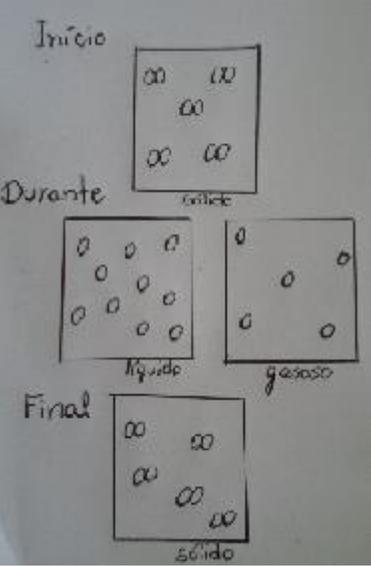
**E)** Diálogo E: entre a professora e o grupo 3 na atividade 2.

Este diálogo ocorreu no mesmo dia do diálogo D, mas em outro horário. Como o início da discussão não foi registrado no vídeo, não é possível identificar o que motivou o diálogo. Porém, como o grupo já havia elaborado modelos para o iodo e o grafite, provavelmente a professora estava sondando o andamento da atividade. A partir das imagens, as alunas parecem estar fazendo a segunda parte da atividade 2, em que era pedido que os modelos concretos fossem desenhados.

A discussão é semelhante à anterior (diálogo D), sendo que a professora utiliza desenhos para questionar o grupo. Porém, somente com os questionamentos feitos pela professora nesse momento, as alunas ainda não conseguem pensar no rompimento de interações intermoleculares no iodo. É importante destacar que embora a discussão final da aula anterior fosse a mesma desse momento, a forma de expressão do modelo é diferente. No primeiro momento, a discussão se baseava no modelo concreto, enquanto neste é utilizado

um modelo bidimensional, um desenho. Ambos expressam as ideias centrais da explicação dada pelo grupo para o fenômeno observado. O diálogo é apresentado no quadro 5.6.

Quadro 5.6. Diálogo E.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Você está falando que aqui separou, né?! Essas duas aqui, né?</i> [Professora mostra no desenho a separação dos pares de bolinha, figura 3.15.]</p> <p>E2G3: <i>Ela está no sólido.</i></p> <p>P: <i>Quando aqueceu e virou gás...</i></p> <p>E2G3: <i>Líquido e depois gás.</i></p> <p>P: <i>É, as duas se separam, né?</i></p> <p>E2G3: <i>É.</i></p> <p>P: <i>Vamos supor que o grafite... Se eu tivesse alguma fonte de calor que atingisse uns 3 mil graus, por exemplo, e eu conseguisse ficar com ele líquido. O que iria fazer? Eu iria separar também, né? Que tipo de ligação eu tenho aqui no grafite?</i></p> <p>E2G3: <i>Ligação covalente.</i></p> <p>P: <i>E entre essas duas coisas aqui?</i> [Professora mostra no desenho um par de bolinhas, figura 3.15. (D - Averiguar entendimento e I - Substituir o vocabulário)]</p> <p>E2G3: <i>Covalente.</i></p> <p>P: <i>As duas ligações não são iguais?</i></p> <p>G: <i>Sim.</i></p> <p>P: <i>Então eu não vou precisar de mais ou menos o mesmo tanto de energia para separar as duas?</i></p> <p>E2G3: <i>Não. Porque uma temperatura é menor do que a outra.</i></p> <p>P: <i>Mas por que é?</i></p>	 <p>Figura 3.15. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>
<p>E2G3: <i>Porque eles... Esse daqui é feito de moléculas e já o outro...</i> [E2G3 aponta o desenho, figura 3.16. (D – Fazer referência)] <i>Eu esqueci...</i></p>		<p>D – Fazer referência</p>

E3G3: (?) uma rede (?).

E2G3: O grafite é tipo uma rede e o iodo é de moléculas (?). [E2G3 gesticula, mas não é possível ver ou entender porque o áudio está com defeito]

P: Está quase lá.

E3G3: Então explica para a gente.

P: Mas não estou convencida ainda. Porque se é a mesma ligação, porque uma é fácil de... [Professora aponta os desenhos, figuras 3.15 e 3.16.]

E2G3: De quebrar?

P: É. E a outra não. Por que essa aqui é fácil de quebrar e a outra não é?

E2G3: Ah, eu já não estou... [Alunas reclamam da dificuldade do exercício.]



Figura 3.16. M2G3<sub>grafite</sub>.

P: Porque olha só... O que está juntando essa bolinha aqui... (Lembrando que cada bolinha representa um átomo). O que está juntando esse átomo a esse aqui é a ligação covalente. [Professora mostra um par no desenho do modelo para o iodo, figura 3.15.] O que está juntando esse átomo aqui a esse átomo daqui é uma ligação covalente. [Professora mostra no modelo para o grafite, figura 3.16. (D – Averiguar entendimento)]

E3G3: Isso.

P: Como eu consigo, com a mesma fonte de calor, romper essa aqui e não consigo romper essa aqui? [Professora aponta os desenhos para o iodo e para o grafite, sendo que no do iodo, ela aponta o que seria uma ligação covalente, figuras 3.15 e 3.16. (D – Averiguar entendimento e I – Substituir o vocabulário)] Se é a mesma ligação...

E2G3: Porque esse aqui tem espaços, tem espaços. Não? [E2G3 mostra o desenho do iodo, figura 3.15. (D - Explicar)]

E3G3: Aqui tem mais, está muito próximo... [E3G3 mostra o modelo para o grafite, figura 3.16. (D - Explicar)]

P: É, mas continua sendo a mesma ligação.

E2G3: Porque tem pouco elétron!

P: Tem pouco elétron? Ai você está pensando no tanto de elétron que eles compartilham?

E2G3: É. Não?

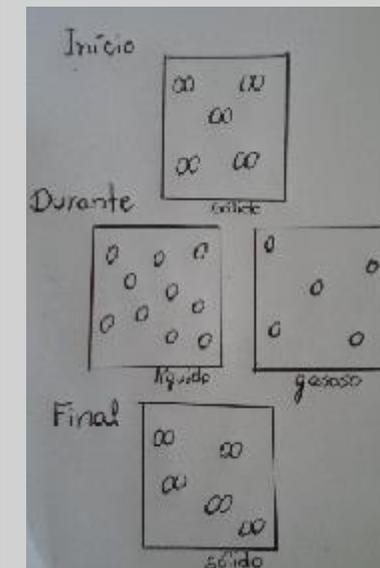


Figura 3.15. M4G3<sub>iodo</sub>.

D – Averiguar entendimento

I – Substituir o vocabulário

D - Explicar

P: *É. Pode ser, mas eu continuo achando que... Um é covalente, a outra não? Vamos supor, ligação iônica, você tinha duas cargas: uma positiva e uma negativa. Qualquer que fosse o composto iônico, a dificuldade de afastar um positivo do negativo iria ser mais ou menos a mesma. Não seria? Aproximadamente que estou falando, não vai ser exatamente a mesma, mas... Por ser o mesmo tipo de ligação ligando esses dois átomos e esses dois aqui, eu acho que vai ser aproximadamente a mesma coisa* [Professora mostra os modelos, figuras 3.15 e 3.16. (D - Explicar)]

E2G3: *Não entendi. Repete?*



Figura 3.16. M2G3<sub>grafite</sub>.

P: *Olha para você ver: o que liga esse dois átomos aqui* [Professora mostra o desenho para o iodo, figura 3.17. (D - Explicar)], *é uma ligação covalente, e esses dois aqui...* [Professora mostra o desenho para o grafite, figura 3.18.]

E3G3: *É uma ligação covalente.*

P: *Afastar esses dois aqui é muito difícil* [Professora mostra o desenho para o grafite, figura 3.18. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)], *afastar esses dois aqui não é tão difícil* [Professora mostra o desenho para o iodo, figura 3.17. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] *Mas é a mesma ligação.*

E3G3: *Porque a atração aqui é maior, não?* [E3G3 aponta o modelo para o grafite, figura 3.18. (D – Explicar)]

P: *Mas por quê? É a mesma ligação.*

E3G3: *Mas tem mais quantidades de átomos, moléculas, partículas, sei lá... Porque quanto mais tiver, mais atração vai ter.*

P: *É... Não sei, do meu ponto de vista...*

(...)

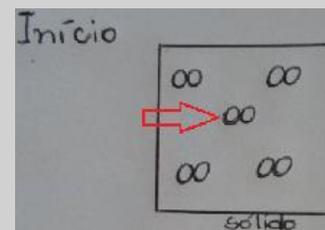


Figura 3.17. M4G3<sub>iodo</sub> sólido.

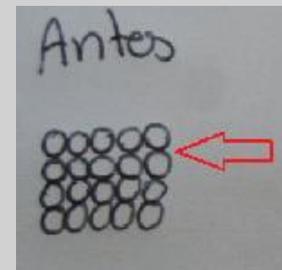


Figura 3.18. M2G3<sub>grafite</sub> sólido.

D – Explicar

I – Reforçar a fala

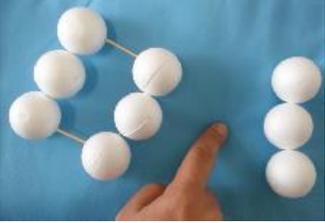
O diálogo E, assim como o final do diálogo D, foi classificado como argumentativo (identificado com fundo cinza) devido à semelhança nas discussões desses trechos: o fato de as alunas proporem modelos diferentes quanto ao rompimento das ligações entre os átomos – rompimento no iodo e não rompimento no grafite – mesmo admitindo que as ligações são de mesma natureza. No início do diálogo, a professora se certificou de que entendeu o modelo do grupo para iodo, utilizando o desenho do modelo para questionar as estudantes (D-averiguar entendimento e I-substituir a fala). Em seguida, ela propôs um experimento mental para o grupo (fusão do grafite) para chamar a atenção das estudantes de que a ligação covalente seria rompida nesse processo (assim como na proposta do grupo para o iodo). Como o grupo reconheceu que a ligação covalente era comum às duas substâncias, a professora questionou se a energia para o rompimento das ligações naquelas deveria ser próxima. E2G3 e E3G3 discordam da professora e apresentam uma justificativa baseada na estrutura do iodo formado por moléculas, e a do grafite como uma rede (D-fazer referência). A professora afirma que não está satisfeita ainda com a justificativa e faz o questionamento novamente (se a ligação é a mesma, porque em uma substância ocorre o rompimento e em outra não?) (D-fazer referência), mas com outras palavras (D-explicar e I-substituir a fala). Então, E2G3 e E3G3 apresentaram uma segunda justificativa, afirmando que o comportamento das substâncias era diferente devido à “*existência de mais espaços*” entre as partículas no iodo e à proximidade das partículas de grafite. As estudantes mostraram isso no desenho (D-explicar, figura 3.15 e 3.16). A professora lembrou o questionamento e, então, E2G3 apresentou uma terceira justificativa. Ela afirmou que o comportamento diferente das substâncias era devido ao número de elétrons compartilhados entre os átomos no iodo e no grafite. Para fazer o mesmo questionamento, a professora fez uma analogia. Ela comparou duas substâncias iônicas que têm pontos de fusão próximos porque têm o mesmo tipo de ligação e afirmou, apontando os modelos, que no caso do grafite e do iodo deveria acontecer o mesmo (D-fazer referência). E2G3 não entendeu e, então, a professora refez a pergunta utilizando os desenhos dos modelos (D-explicar e I-reforçar a fala). Outra justificativa menos elaborada foi apresentada por E3G3 ao afirmar que no grafite existe uma quantidade maior de “*átomos, moléculas, partículas*” e, por isso, a atração entre elas seria maior. A professora demonstrou ainda não estar convencida das justificativas do grupo.

**F) Diálogo F: entre a professora e o grupo 2 na atividade 2.**

Não existe registro do início do diálogo, pois quando a câmera chegou nesse grupo a discussão já estava em andamento. Nele, os alunos tentavam criar uma representação que mostrasse o compartilhamento de elétrons no iodo e no grafite. Essa foi uma tarefa dada pela professora em uma discussão com o grupo. Um dos alunos, E1G2, tentou explicar para outra colega do grupo o que eles tinham que fazer. Para isso, ele fez uma representação improvisada (figura 2.4), utilizando partes do modelo anterior que eles apresentaram à professora. Nesse modelo, os dois grupos de bolinhas juntas seriam “moléculas de iodo” e ele apontou que, entre elas, deveria ser representado um elétron compartilhado. Embora nessa representação os grupos de bolinhas fossem diferentes, o aluno afirmou que elas deveriam ser iguais. A professora chamou a atenção do aluno para o fato de que eles deveriam utilizar códigos diferentes para representar átomos e elétrons (no momento do improviso, E1G2 usou os mesmos objetos, bolinhas de isopor de mesmo tamanho). Porém, ele afirmou que pretendia usar a massinha, outro material, no momento de elaborar o modelo.

Na figura 2.5, outra aluna, E2G2, confirmou se havia entendido o que o aluno E1G2 havia explicado acrescentando as ideias para o grafite. Eles afirmaram que deveriam ser representados dois grupos iguais com um elétron no meio para o iodo (na parte de cima da figura, colocaram um grupo de seis bolinhas com palitos, “molécula de iodo”, e uma bolinha sozinha, que representaria o elétron), e dois grupos iguais com quatro elétrons entre eles para o grafite (na parte de baixo da figura, que representariam um dos grupos de “moléculas de grafite”, seis bolinhas mais unidas). O diálogo é apresentado no quadro 5.7.

Quadro 5.7. Diálogo F.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>No desenho de vocês é possível ver esse compartilhamento?</i></p> <p>E1G2: <i>Não.</i></p> <p>P: <i>Não? Mas será que teria jeito de ver?</i></p> <p>E1G2: <i>Teria.</i></p> <p>P: <i>Vamos pensar nesse sentido? Então o iodo compartilha um par de elétrons.</i></p> <p>E1G2: <i>É.</i></p> <p>P: <i>O carbono compartilha quatro pares de elétrons. Vamos tentar mostrar isso no modelo de vocês.</i></p> <p>E1G2: <i>Ah tá! Entendi.</i></p> <p>G: [Os alunos conversam no grupo, mas não é possível entender o que eles falam. Parecem estar reorganizando os materiais para representar o que a professora pediu.]</p> <p>E1G2: <i>Vamos supor que isso aqui é uma molécula, mas não é, uma molécula de iodo. Aí tem duas moléculas de iodo e no meio está compartilhando um elétron. A gente colocaria... Não quer dizer que isso é assim. Imagina! A gente faria uma molécula de iodo aqui e outra assim, aqui no meio colocaria um elétron. Ao contrário do grafite, que é carbono, a gente colocaria as moléculas aqui assim e no meio seria quatro elétrons compartilhados. Foi isso que ela pediu para a gente fazer, não foi? [Durante toda essa fala o aluno está demonstrando, no modelo concreto, duas “moléculas” e onde estariam os elétrons, figura 2.4. (D-Explicar e I-Reforçar a fala)]</i></p>	 <p>Figura 2.4. Modelo improvisado para o iodo e para o carbono.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

E2G2: *Vai ser assim. Esse vai ser igual a esse, aí vai ficar um* [figura 2.5 (D-Explicar e I-Substituir o vocabulário)]. *Aí quando esse for igual a esse vão ficar quatro* [figura 2.6 (D - Explicar e I-Substituir o vocabulário)].

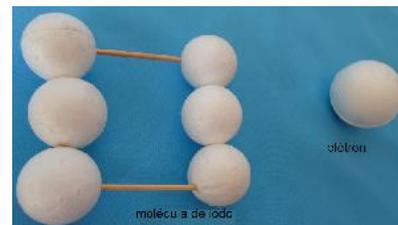


Figura 2.5. Modelo improvisado para o iodo.

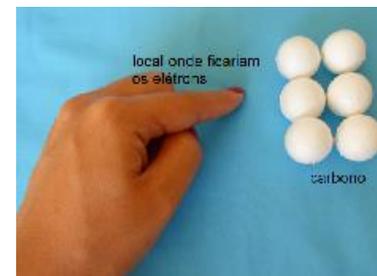


Figura 2.6. Modelo improvisado para o grafite.

D – Explicar  
I – Substituir o vocabulário

E1G2: *É. Quando for o grafite vai ser dois iguais a esses e aqui quatro compartilhando. Quando for o iodo, vai ser só um.* [E1G2 mostra os modelos improvisados novamente, figuras 2.5 e 2.6 (D-Explicar e I-Reforçar a fala)]

P: *Toma cuidado para não representar o átomo igual ao elétron. Vocês vão representar o elétron, não vão?*

E1G2: *É.*

P: *Aí usa outra forma de representação.*

E1G2: *É. A gente vai fazer de massinha.*

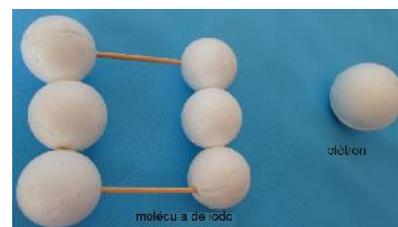


Figura 2.5. Modelo improvisado para o iodo.

D – Explicar  
I – Substituir o vocabulário

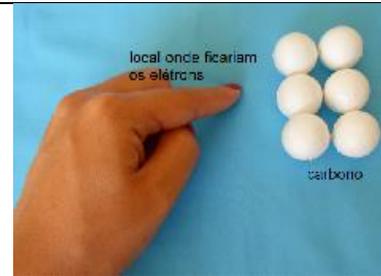


Figura 2.6. Modelo improvisado para o grafite.

Consideramos essa situação como explicativa (identificada com fundo branco), pois E1G2 estava tentando descrever uma tarefa dada pela professora a outra integrante do grupo, E2G2. Para isso, ele usou material para fazer um modelo concreto (D-explicar), embora a fala do estudante fosse compreensível sem a mesma (I-reforçar a fala). E2G2, por sua vez, repetiu a explicação dada, aparentemente, buscando confirmar seu entendimento (D-averiguar entendimento). No entanto, nesse caso o entendimento era dependente dos modelos (I-substituir a fala). Então, E1G2 confirmou sua proposta, novamente utilizando os modelos concretos, assim como E2G2 (D-explicar e I-substituir a fala).

**G)** Diálogo G: entre a professora e o grupo 3 na atividade 2.

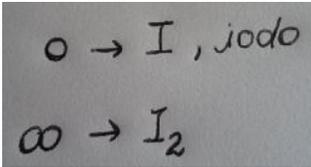
A professora passou pelo grupo para confirmar se as alunas estavam terminando a atividade, pois elas já haviam apresentado os modelos concretos e estavam fazendo os desenhos dos modelos. Naquele momento, as alunas utilizavam os modelos concretos para explicar para a professora as suas dúvidas sobre as estruturas do iodo e do grafite. Isto porque, ao longo das discussões com a professora, elas haviam proposto mais de uma estrutura para ambos e ainda não tinham segurança naquelas pelas quais haviam optado (figuras 3.12, 3.13 e 3.14). De um modo geral, a dúvida principal das alunas estava relacionada à proposta de formação ou não de moléculas no grafite e no iodo. É importante destacar que embora as alunas apresentassem esse tipo de dúvida, elas não compreendiam com clareza (ou pelo menos não expressavam) o conceito de moléculas. Parece que elas entendiam molécula como grupos de átomos (pois as representavam por pares de bolinhas).

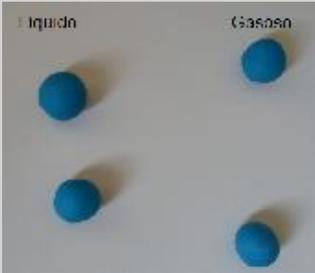
Nesse trecho a professora fez mais uso dos modelos do que as alunas. Ela sondou a compreensão delas a respeito dos códigos da representação e das ideias que foram discutidas em uma conversa anterior. Além disso, ela recorreu à ideia de rede para o NaCl e fez uma analogia entre a estrutura desse e a do grafite, diferenciando o último do iodo, que forma moléculas.

As alunas mostraram os modelos para o iodo e para o grafite, os quais já apresentavam as ideias dos modelos finais desse grupo (figuras 3.12 e 3.14). No entanto, posteriormente, as alunas mostraram o modelo final para a professora, com as moléculas de iodo representadas por bolinhas de isopor (figura 3.25). O diálogo está apresentado no quadro 5.8.

Quadro 5.8. Diálogo G.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>(...)</p> <p>E2G3: <i>Deixa eu explicar, o grafite iria ficar mais junto... E o iodo ia ficar assim no sólido. [E2G3 mostra suas ideias somente no modelo concreto, figuras 3.14 e 3.12. (D – Apresentar o modelo)] Junto, só que tipo par.</i></p> <p>E3G3: <i>Os dois são ligação covalente.</i></p> <p>P: <i>É porque é o seguinte: Vocês estudaram uma coisa que é chamada de molécula. Vocês estudaram molécula, certo?</i></p> <p>E3G3 e E2G3: [Alunas concordam.]</p>	<div data-bbox="1458 451 1715 651" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1368 671 1805 699">Figura 3.14. Modelo 2 para o grafite.</p> <div data-bbox="1435 735 1740 975" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1379 995 1794 1023">Figura 3.12. Modelo 4 para o iodo.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>Então, o iodo forma molécula. No caso do grafite, não forma molécula. Por isso tem essa diferenciação, entre estar sólido, mas se apresentar de forma diferente. [Professora mostra nos modelos, figuras 3.14 e 3.12 (D-explicar)] Cada bolinha dessas vocês chamam de quê? De átomo, de molécula, de partícula? De que vocês chamam? (D-averiguar entendimento)</i></p> <p>E3G3: <i>Bolinha.</i></p> <p>P: <i>O que cada bolinha representa em termos químicos?</i></p>	<div data-bbox="1473 1090 1700 1270" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1447 1291 1727 1318">Figura 3.14. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p>

<p>E2G3: <i>Átomos. Átomos, não?</i></p> <p>P: <i>Uma bolinha é um átomo? Uma bolinha separada seria um átomo de iodo?</i></p> <p>E3G3: <i>É.</i></p> <p>E2G3: <i>Não.</i></p> <p>P: <i>Duas seria um átomo de iodo?</i></p>	 <p>Figura 3.12. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>E2G3: <i>Não. Uma só. Está certo!</i> [E2G3 mostra o material, figura 3.19. (D – Explicar)]</p> <p>P: <i>Agora eu entendi. Uma é um átomo de iodo.</i></p> <p>E2G3: <i>É.</i></p>	 <p>Figura 3.19. Modelo de um átomo de iodo.</p>	<p>D – Explicar</p>
<p>P: <i>Quando você junta iodo, I<sub>2</sub>, vocês têm que pensar. Porque existe o átomo iodo. Isso é o átomo</i> [Professora desenha, figura 3.20. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] <i>que você está representando por uma bolinha e existe a molécula de iodo, que é I<sub>2</sub>, que seria o que? Duas bolinhas</i> [Professora desenha, figura 3.20. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] <i>Isso aqui é o átomo. I<sub>2</sub> é a substância. Aquilo que vocês aqueceram é a substância, então ela é formada por I<sub>2</sub>.</i></p> <p>E2G3: <i>Entendi.</i></p> <p>P: <i>Então isso aqui é I<sub>2</sub></i> [Professora mostra no desenho, figura 3.20. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)] <i>e eles separados cada um é átomo de I, iodo.</i></p> <p>E3G3: <i>É. Iodo, I<sub>2</sub>.</i> (I – Reforçar a fala)</p>	 <p>Figura 3.20. Modelos da professora para o átomo e a molécula de iodo.</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

<p>E2G3: <i>Aí isso aqui é no líquido e mais afastado é no gasoso.</i> [E2G3 mostra figura 3.21. (D – Apresentar o modelo)]</p> <p>P: <i>Você entendeu o que eu quis dizer de átomo e molécula? Porque aqui você está me mostrando que rompe as ligações entre os átomos quando muda de estado físico.</i> [Professora aponta o modelo, figura 3.21. (D – Averiguar entendimento)] <i>Seria isso?</i></p> <p>E3G3: <i>Então é o que a gente entendeu, basicamente.</i></p> <p>P: <i>É. E qual é o tipo de ligação que tem nesses e nesses?</i> [Professora aponta os modelos para o iodo e grafite, figuras 3.12 e 3.14. (D – Averiguar entendimento e I – Substituir a fala)]</p> <p>E2G3: <i>Covalente.</i></p> <p>P: <i>Em ambos, né? Covalente.</i></p> <p>E3G3 e E2G3: [Alunas concordam.]</p> <p>P: <i>É compartilhamento de elétrons.</i></p>	 <p>Figura 3.21. M4G3<sub>iodo</sub> líquido e gasoso.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p> <p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Substituir a fala</p>
<p>P: <i>Esse aqui tem temperatura de fusão maior, não é?</i> [Professora aponta o modelo para o grafite, figura 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>E2G3: <i>É. Porque eles estão mais juntos, e aqui é mais fácil de separar...</i></p> <p>P: <i>Se aqui é covalente e aqui também é covalente, por que mesmo sendo covalente um é difícil de separar e o outro é fácil?</i> [Professora aponta os modelos, figuras 3.12 e 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>E3G3: <i>Porque foi capaz de fundir e o outro não.</i></p> <p>E2G3: <i>Porque a temperatura de fusão é mais alta no grafite, mas os átomos... por que os átomos se atraem mais, eles são...</i></p> <p>P: <i>Porque é o seguinte, o fato dele não formar molécula... Não forma molécula de grafite, forma uma...</i></p>	 <p>Figura 3.12. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p>

<p>E2G3: <i>Uma rede.</i></p> <p>P: <i>Um agregado, uma rede, igual ao iônico, forma uma rede. Isso deve ser importante para explicar por que a temperatura dele de fusão é mais de 3000°C. E ao passo que esse aqui, como ele não forma rede, é mais fácil dele fundir. Tanto que a temperatura de fusão dele é 114°C. Então deve estar relacionado com alguma coisa assim, esse forma rede e esse não forma...</i>  [Professora aponta os modelos, figuras 3.12 e 3.14. (D – Fazer referência)]</p> <p>E3G3: <i>Então a gente basicamente já fez o modelo.</i></p>	 <p>Figura 3.14. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>	
<p>P: <i>Porque é o seguinte, o fato dele não formar molécula... Não forma molécula de grafite, forma uma...</i></p> <p>E2G3: <i>Uma rede.</i></p> <p>P: <i>Um agregado, uma rede, igual ao iônico, forma uma rede. Isso deve ser importante para explicar por que a temperatura dele de fusão é mais de 3000°C. E ao passo que esse aqui, como ele não forma rede, é mais fácil dele fundir. Tanto que a temperatura de fusão dele é 114°C. Então deve estar relacionado com alguma coisa assim, esse forma rede e esse não forma...</i>  [Professora aponta os modelos, figuras 3.12 e 3.14. (D – fazer referência)]</p> <p>E3G3: <i>Então a gente basicamente já fez o modelo.</i></p>	 <p>Figura 3.12. M4G3<sub>iodo</sub>.</p>  <p>Figura 3.14. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>E2G3: <i>Mas o grafite, ele é representado só por C? Porque você falou C<sub>2</sub>...</i> (D – Averiguar entendimento)</p> <p>P: <i>Olha só, o grafite, ele é formado por carbono. Você sabe que o carbono pode formar o grafite e pode formar o diamante. Ambos são formados por carbono, mas o carbono está ligado de</i></p>	<p>Simbólica: C; C<sub>2</sub>; C<sub>3</sub>.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>

*forma diferente. Só que a gente representa só por C, mas é uma rede. É representado por C, não é representado por C<sub>2</sub> ou C<sub>3</sub>, como se representa uma molécula. Põem C para dizer que são vários ligados. [Parece que a professora faz desenhos para o grupo, mas não é possível ver. (D – Explicar)]*

*E2G3: Ah entendi!*

*P: É igual no NaCl. No NaCl, vocês fizeram uma rede, parecido com o caso do grafite. Quando forma rede você não delimita, você coloca o átomo e simboliza que são vários átomos ligados.*

*E3G3: Então vai ficar assim mesmo, né? O desenho a gente pode apresentar.*

*P: É tipo uma rede que vocês querem dizer para ele, né? E que não muda nada.*

*E3G3: É.*

D – Explicar

O início do diálogo foi classificado como situação explicativa (identificada com fundo branco). A princípio, as estudantes E2G3 e E3G3 apresentaram os modelos do grupo para o iodo e o grafite e afirmaram que havia ligação covalente nas duas substâncias (D-apresentar o modelo). Então, a professora retomou o termo 'moléculas', afirmando que no iodo ocorria formação de moléculas, mas que isso não acontecia no grafite. Ela também enfatizou que isto poderia justificar as representações diferentes dessas substâncias no estado sólido (D-explicar). A professora buscou esclarecimentos sobre uma parte específica do modelo do iodo (D-averiguar entendimento), para saber o que as estudantes estavam considerando ser um átomo. E2G3 e E3G3 se confundiram um pouco mas, em seguida, explicaram o que a professora havia perguntado (D-explicar). Ao se certificar de ter entendido o modelo do grupo, a professora fez desenhos para auxiliar sua explicação sobre os conceitos de molécula, átomo, substância e as diferenças entre eles (D-explicar e I-reforçar a fala). Aparentemente, o grupo compreendeu as explicações da professora.

Em seguida, uma situação argumentativa se iniciou (identificada com fundo cinza). Seu foco era o mesmo discutido em outros diálogos (D e E, por exemplo): a proposta de rompimento de ligação covalente no iodo e não no grafite. A professora citou a explicação dada na situação anterior para ajudar às estudantes a estabelecer uma relação entre a existência de moléculas (ou não) e a diferença nas temperaturas de fusão (D-averiguar entendimento). Porém, as estudantes não conseguiram apresentar nenhuma relação. Então, a professora lembrou que a ligação nas duas substâncias era covalente (I-substituir a fala) e que ocorria o compartilhamento de elétrons. A seguir, ela questionou o grupo sobre o comportamento diferente das duas substâncias representado nos modelos (D-fazer referência). Como as estudantes não conseguiram apresentar uma justificativa coerente para seus modelos e continuaram com a proposta de rompimento de interações interatômicas, a professora retomou o conceito de molécula para explicar ao grupo o motivo das diferentes temperaturas de fusão. Isto marcou o início de uma situação explicativa (identificada com fundo branco).

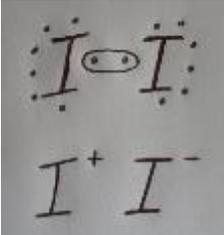
Consideramos esse final do diálogo como explicativo, pois a professora esclareceu como seria a estrutura do grafite (como uma rede), e afirmou que isso era importante para explicar sua alta temperatura de fusão em relação ao iodo (sólido molecular). A estudante E2G3 retomou uma dúvida do diálogo D e perguntou à professora se a fórmula que representa o grafite é "C" ou "C<sub>2</sub>". A professora explicou porque a fórmula correta é "C", destacando a

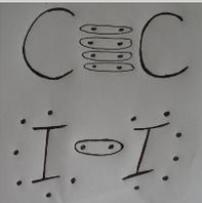
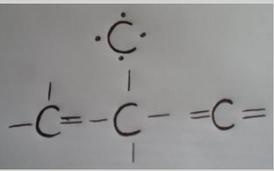
formação de uma rede de átomos, e fez uma analogia com a estrutura do NaCl, falando da formação ou não de moléculas nas substâncias. Nessas falas, a professora utilizou desenhos e representações simbólicas para auxiliar sua explicação (D-explicar). O grupo, aparentemente, entendeu as explicações da professora e não alterou seus modelos.

**H)** Diálogo H: entre a professora e o grupo 2 na atividade 2.

Os estudantes tentaram apresentar suas ideias por meio de um desenho das moléculas de iodo. Para compreender melhor, a professora recorreu ao modelo concreto e os questionou sobre as ideias que eles queriam representar no desenho. Um dos alunos sugeriu que a explicação para a diferença nos pontos de fusão das duas substâncias era a diferença no número de ligações que os átomos de iodo e carbono fazem. Nesse momento, a professora observou um erro na representação das ligações para o carbono: os alunos haviam proposto uma “ligação quádrupla”. Então, a professora informou aos alunos que aquela ideia era incoerente e recorreu aos desenhos para mostrar os possíveis tipos de ligação que átomos de carbono podem fazer (duas duplas, uma tripla e uma simples e assim por diante). Este diálogo está apresentado no quadro 5.9.

Quadro 5.9. Diálogo H.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>E aí, conseguiram explicar agora?</i></p> <p>E1G2: <i>Tá. Vê o desenho. (?) Eu coloquei o I dividindo um elétron. Aí, depois que quebrar... eu coloquei vários íons, várias moléculas, várias partículas e em cada uma... Igual eu falei aquela hora. Uns vão poder ficar carregados positivamente e outros negativamente.</i> [E1G2 mostra no desenho que ele fez, figura 2.7. (D – Apresentar o modelo)] <i>Então, aqui seria um I e isso aqui seria outro I.</i> [E1G2 aponta cada hora para uma bolinha de isopor]</p>	 <p>Figura 2.7. M1G2<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>De outra molécula! Então vamos pensar, seria essa molécula aqui.</i> [Professora constrói outra molécula de I<sub>2</sub>, mas não é possível ver. (D - Averiguar entendimento)]</p> <p>E1G2: <i>É isso. Entendeu?</i></p> <p>P: <i>Aí formou os átomos de iodo separados.</i></p> <p>E1G2: <i>Aí uns ficaram carregados positivamente e outros negativamente.</i></p>		<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>P: <i>Entendi. Forma íon. Você está pensando que vai formar um I<sup>+</sup> e um I<sup>-</sup>.</i> [Professora usa o modelo concreto mostrando a separação dos átomos, figura 2.8. Ela utiliza uma bolinha de isopor para representar um átomo de iodo ou um íon. (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)]</p>	 <p>Figura 2.8. Modelo da professora para um íon.</p> <p>Simbólico: I<sup>+</sup>; I<sup>-</sup></p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

<p>E1G2: <i>Isso.</i></p> <p>P: <i>Entendi. Isso explica a temperatura de fusão?</i></p> <p>E1G2: <i>A temperatura de fusão... Não sei.</i></p> <p>P: <i>Porque o modelo tem que explicar por que a temperatura de fusão desse é menor e a desse é maior. Ou por que esse funde e esse não funde.</i> [Professora aponta desenhos do iodo e do grafite. (D – Fazer referência)]</p> <p>E2G2: <i>Porque aqui...</i></p> <p>E1G2: <i>Porque a atração... a atração entre as partículas... a força de atração entre os elétrons... Eu acho que tem alguma coisa a ver com essa quantidade de elétrons compartilhados.</i></p>	 <p>Figura 2.9. Modelo do grupo para o compartilhamento de elétrons.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>P: <i>Você acha que tem a ver com o fato de aqui ser quatro e aqui ser um.</i> [Professora aponta desenhos do iodo e do grafite, figura 2.9 (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)].</p> <p>E1G2: [Concorda.]</p> <p>P: <i>Mas isso daqui não está certo não.</i></p> <p>E1G2: <i>Não está?</i></p> <p>P: <i>Você sabe que ele não compartilha quatro de uma vez. Não tem ligação quádrupla.</i></p> <p>E1G2: <i>Não?</i></p> <p>P: <i>Tem ligação simples, dupla e tripla.</i></p> <p>E1G2: <i>Ah! Mas o carbono...</i></p>	 <p>Figura 2.9. Modelo do grupo para o compartilhamento de elétrons.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>P: <i>Ele não compartilha quatro de uma vez, ele não se liga com quatro. Olha só o carbono ele é o C, ele tem um, dois, três, quatro elétrons de valência. Ele vai poder fazer quatro ligações simples, duas duplas ou uma dupla e duas simples, desde que forme quatro. Mas ele não compartilha quatro elétrons de uma vez...</i> [Professora demonstra o que fala com desenhos, figura 2.10. (D – Explicar e I – Reforçar a fala)]</p>	 <p>Figura 2.10. Modelo da professora para as possíveis</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Reforçar a fala</p>

	ligações do átomo de carbono.	
<p>E1G2: <i>Seria um C para cada... Seria no caso um C são quatro... Eles compartilhariam no máximo três.</i> [E1G2 tenta mostrar gesticulando, mas não é possível ver no vídeo. (D – Averiguar entendimento)]</p> <p>P: <i>Com mais um, entendeu? Pode fazer uma tripla com um, mas tem que ligar com o outro. Não existe ligação quádrupla, existe simples, dupla e tripla.</i></p> <p>E1G2: <i>Ah tá.</i></p>	Simbólico: C.	D – Averiguar entendimento

No início do diálogo, E1G2 apresentou um modelo para o iodo para a professora, por meio de um desenho (D-apresentar o modelo). Ela solicitou alguns esclarecimentos sobre as ideias de E1G2 sobre a estrutura do iodo e, para isso, ela construiu e utilizou um modelo concreto para reafirmar o que estava questionando (D-averiguar entendimento e I-reforçar a fala). Como o aluno forneceu essas explicações, classificamos essa situação como explicativa (identificada com fundo branco).

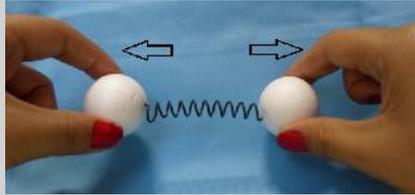
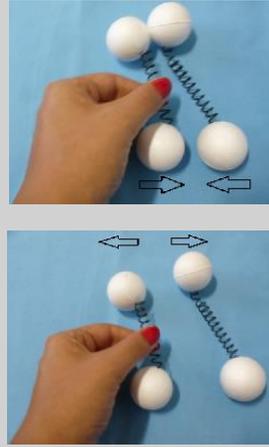
Seguindo o diálogo, como o grupo não conseguia evidenciar como esse modelo explicava a temperatura de fusão, a professora enfatizou, referindo-se aos modelos, que esse era o objetivo da atividade 2 (D-fazer referência). Então, E1G2 afirmou que acreditava que a força de atração nas duas substâncias estava relacionada com a quantidade de elétrons compartilhados em ambas. A professora identificou (D-averiguar entendimento e I-reforçar a fala) e mostrou a incoerência da representação para as ligações do carbono (proposta de “ligação quádrupla”) ao grupo. Em seguida, ela mostrou a forma correta de formar ligações covalentes (por meio de ligações simples, duplas e triplas), fez desenhos das possíveis ligações do carbono para facilitar o entendimento do grupo e reforçar o que ela estava falando (D-explicar e I-reforçar a fala). E1G2 reconheceu a falha no modelo e, aparentemente, compreendeu os aspectos conceituais apresentados pela professora sobre os tipos de ligações. Considerando que durante a discussão a professora apontou falhas nos modelos do grupo e que, ao justificar sua opinião, favoreceu o entendimento desse modelo como incoerente pelo estudante E1G2, classificamos a situação como argumentativa (identificada com fundo cinza).

**I)** Diálogo I: inicialmente entre a professora e o grupo 1 e, posteriormente, somente entre os integrantes do grupo, na atividade 2.

Este diálogo se inicia com a professora questionando os alunos sobre os seus modelos. A princípio, ela parece não ter entendido o modelo dos alunos (rompimento de ligação entre as moléculas), pois os questionou sobre os motivos de romper a ligação química entre os átomos de iodo. Porém, uma integrante do grupo (E2G1) explicou melhor, demonstrando com o próprio modelo, e a professora entendeu. A mesma estudante apresentou dificuldades para se expressar quando queria se referir às moléculas de iodo. Ela somente apontava o modelo concreto sem conseguir dizer do que se trata e usava o termo “*duplas*” para se expressar. Talvez, E2G1 tivesse dificuldade específica com os termos corretos cientificamente. Ou ainda, ela não se lembrava ou não havia aprendido o que seria uma molécula pois, de acordo com o currículo da escola e com as aulas anteriores (como averiguado com a professora) o tópico

ligações covalentes já havia sido ensinado. Quando a professora saiu do grupo, essa mesma aluna explicou para outra, E3G1, o que havia mostrado para a professora. Novamente ela não usou a palavra molécula e, quando questionada pela colega, utilizou o termo “*parzinhos de iodo*”. Este é o modelo que prevaleceu no grupo ao final da atividade 2, quando também foi apresentado o modelo final para o grafite (figura 1.5). A primeira parte do diálogo é apresentado no quadros 5.10 (discussão entre a professora e o grupo) e a segunda parte no quadro 5.11 (discussão entre os integrantes do grupo).

Quadro 5.10. Diálogo I – primeira parte.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Por que eles se ligam?</i></p> <p>E2G1: <i>Compartilham elétrons.</i></p> <p>P: <i>Eles estão compartilhando elétrons. E nesse processo, o que ocorre quando eles se aproximam e se ligam? Lembra lá do gráfico do poço, o que a gente discutiu?</i></p> <p>E1G1: <i>Compartilha energia.</i></p> <p>P: <i>Eles compartilham elétrons, né? Quando eles compartilham elétrons, ou seja, eles estão ligados um ao outro, eles ficam mais estáveis ou menos estáveis?</i></p> <p>E1G1: <i>Menos.</i></p> <p>E2G1: <i>Mais estáveis.</i></p> <p>P: <i>Mais estáveis. Então vamos pensar! Os átomos se ligam para adquirir estabilidade, ok? Então por que quando ele muda de estado físico, esse átomo iria separar desse outro? [Professora mostra no modelo concreto dos alunos, figura 1.3. (D – Averiguar entendimento e I – Reforçar a fala)]</i></p>	 <p>Figura 1.3. Modelo para o iodo, entendido pela professora.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>E2G1: <i>Esse átomo não se separa. Eu acho que eles se movimentam, um vai bater no outro, acho que eles estão próximos e se afastam mais. [E2G1 mostra, no modelo concreto, uma separação de pares de bolinhas. Ou seja, a separação entre moléculas de iodo, diferente do que a professora tinha proposto, figura 1.4. (D – Apresentar o modelo e I – Substituir o vocabulário)]</i></p>	 <p>Figura 1.4. M2G1<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>

P: Então vamos pensar! Entenderam a questão? Se eles ligam para adquirir estabilidade, por que eles vão separar na mudança de estado físico? Não é? Aí o que a E2G1 falou faz sentido, não faz? Então como é que seria E2G1? Durante a mudança de estado físico o que poderia...

E2G1: Eles se movimentam, bate um no outro, acho que se afastam um do outro... [figura 1.4. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]

P: O que se afasta um do outro?

E2G1: Isso! [E2G1 parece ter dificuldade em falar o que, mas aponta para o modelo, figura 1.5. (I – Substituir o vocabulário)]

E1G1: É assim! [E1G1 responde a pergunta da professora mostrando no modelo quais partes se afastam, figura 1.4. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]

P: Ah tá! Seria um afastamento...

E1G1: De duplas.

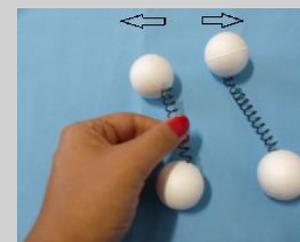
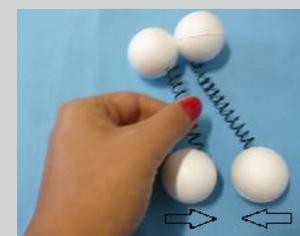


Figura 1.4. M2G1<sub>iodo</sub>.

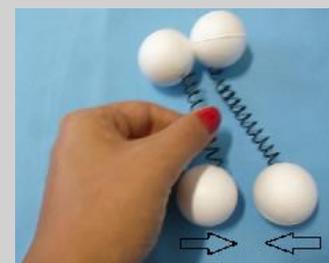


Figura 1.5. M2G1<sub>iodo</sub> (molécula de I<sub>2</sub>).

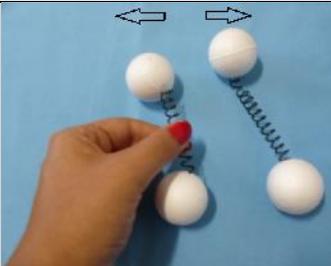
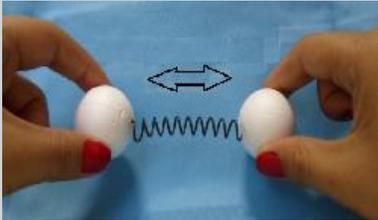
D – Explicar  
I – Substituir o vocabulário

P: Das duplas. Dos pares aqui. Bom, o afastamento dos pares pode ocorrer em uma energia bem baixa, não pode? [Professora separa os pares de bolinhas, figura 1.4. (D – Averiguar entendimento e I – Substituir o vocabulário)]

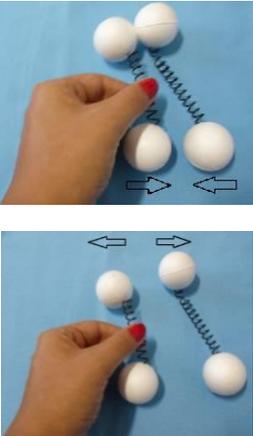
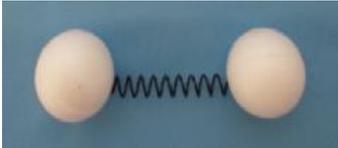
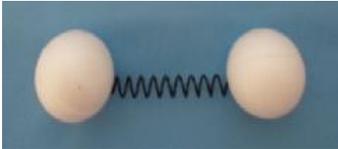
E2G1 e E1G1: Pode.



D – Averiguar entendimento  
I – Substituir o vocabulário

	 <p data-bbox="1487 475 1733 504">Figura 1.4. M2G1<sub>iodo</sub>.</p>	
<p data-bbox="91 699 1346 799">P: <i>Porque, afinal de contas... Eu estou quebrando a ligação covalente?</i> [Professora estica e contrai a mola que os alunos utilizaram para representar a ligação química entre os átomos de iodo, figura 1.6. (D – Averiguar o entendimento e I – Reforçar a fala)]</p> <p data-bbox="91 820 315 849">E2G1 e E1G1: <i>Não.</i></p> <p data-bbox="91 869 1379 975">P: <i>A mesma ligação covalente que eu não dei conta de quebrar aqui.</i> [Professora se refere ao modelo para o grafite, figura 1.7.] <i>Então esse modelo aí está mais de acordo com a experiência?</i> [Professora se refere ao modelo para o iodo, figura 1.4. (D – Averiguar entendimento)]</p> <p data-bbox="91 995 439 1024">E2G1 e E1G1: <i>Acho que está!</i></p> <p data-bbox="91 1045 439 1074">P: <i>Eu também acho que está.</i></p>	 <p data-bbox="1420 799 1805 863">Figura 1.6. Simulação do rompimento de ligação química.</p>  <p data-bbox="1480 1193 1742 1222">Figura 1.7. M1G1<sub>grafite</sub>.</p>	<p data-bbox="1868 815 2040 887">D – Averiguar entendimento</p> <p data-bbox="1850 922 2056 951">I – Reforçar a fala</p>

Quadro 5.11. Diálogo I – segunda parte.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>E2G1: <i>Esses dois estão juntos e esse aqui também está.</i> [E2G1 mostra para a colega os pares de I<sub>2</sub>, figura 1.5. (D – Apresentar o modelo e I – Substituir o vocabulário)] <i>Aí eles estão tipo em uma caixinha. Quando começar a aquecer, eles começam a se movimentar. Aí bate um no outro e se afastam.</i> [E2G1 movimenta as partes do modelo mostrando como seria a colisão entre as moléculas de iodo, figura 1.4. (D – Apresentar o modelo e I – Substituir o vocabulário)] <i>Entendeu?</i></p>	 <p>Figura 1.4. M2G1<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Apresentar modelo I – Substituir o vocabulário</p>
<p>E3G1: <i>E esse bate um no outro é o que?</i> [figura 1.5. (D – Averiguar entendimento)]</p>	 <p>Figura 1. 5. M2G1<sub>iodo</sub> (molécula de I<sub>2</sub>).</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p>
<p>E2G1: <i>Isso aqui é iodo e isso aqui é iodo.</i> [E2G1 mostra os pares de I<sub>2</sub> e chama cada um de iodo, figura 1.5. (D – Explicar)] <i>Eles estão todos juntos, aí um bate no outro...</i> [E2G1 movimenta as partes do modelo mostrando como seria a colisão entre as moléculas de iodo, figura 1.4. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)] <i>Isso aqui [figura 1.5. (D – Explicar)] é um parzinho.</i></p>	 <p>Figura 1. 5. M2G1<sub>iodo</sub> (molécula de I<sub>2</sub>).</p>	<p>D – Explicar I – Substituir o vocabulário</p>

O diálogo dos alunos com a professora (quadro 5.10) foi classificado como argumentativo (identificado com fundo cinza). Primeiramente, a professora tentou relembrar com o grupo que o compartilhamento de elétrons favorece a estabilidade das substâncias. Para isso, ela recorreu ao gráfico de poço potencial, que havia sido estudado nas aulas sobre ligação iônica. Porém, E1G1 demonstrou confundir a relação entre estabilidade e a formação da ligação covalente. Assim, a situação argumentativa se iniciou, de fato, com questionamento da professora aos alunos sobre o rompimento da ligação covalente no iodo em contraposição à estabilidade dessa ligação (D-averiguar entendimento e I-reforçar a fala). Mas, em seguida, E2G1 percebeu que a professora não havia compreendido corretamente o modelo do grupo (rompimento de interação intermolecular). Então ela apresentou a proposta do grupo, mas com dificuldades em relação ao vocabulário específico (D-apresentar o modelo e I-substituir o vocabulário). E2G1 ainda justificou porque o modelo era coerente frente aos questionamentos da professora sobre o rompimento de interações durante o aquecimento do iodo, novamente com dificuldades com o vocabulário (D-explicar e I-substituir o vocabulário). O estudante E1G1 também respondeu à professora utilizando o modelo (D-explicar e I-substituir o vocabulário). A professora, então, utilizou os modelos concretos do iodo e do grafite para mostrar que as ligações covalentes não se rompem em nenhuma das substâncias, ou seja, os modelos eram coerentes com o experimento e com os conceitos de interações intermoleculares e interatômicas.

Por outro lado, o trecho seguinte (quadro 5.11), foi classificado como explicativo (identificado com fundo branco), pois E2G1 apresentou o modelo para o iodo a uma colega, E3G1, repetindo o que havia falado para a professora. Ao fazer isto, ela ainda apresentava dificuldades com o uso do termo “molécula” (D-apresentar o modelo e I-substituir o vocabulário). E3G1 apresentou uma dúvida sobre o que seria a parte do modelo referente às moléculas (D-averiguar entendimento). Porém, E2G1 não utilizou o termo ‘moléculas’; ao invés disso, ela nomeou cada par de átomos de “*iodo*” e de “*parzinhos*”.

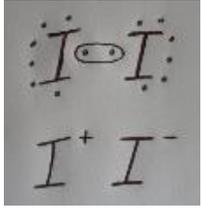
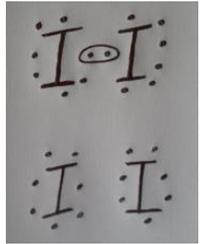
**J) Diálogo J: entre a professora e o grupo 2 na atividade 2.**

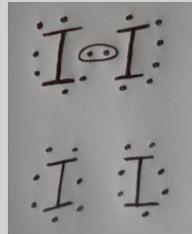
O estudante E1G2 tentou mostrar para a professora a nova ideia do grupo, por meio da descrição de um desenho. Porém, a professora percebeu a incoerência no modelo dele em relação à estabilidade das substâncias e, ao questioná-lo, o aluno percebeu a incoerência. A professora continuou discutindo com o E1G2 e recorreu ao modelo concreto para questionar e explicar as mudanças que ocorrem com as moléculas em uma mudança de estado físico.

Somente nesse momento, o estudante admitiu entender a diferença entre a quebra da ligação entre as moléculas e entre os átomos resultando na formação ou não de novas substâncias. Em seguida, eles continuaram discutindo e o estudante tirou algumas dúvidas também utilizando o modelo para o grafite para questionar a professora. O diálogo é apresentado no quadro 5.12.

Embora esse grupo tenha apresentado um modelo incoerente com o modelo científico curricular, o estudante que discutiu ativamente com a professora (E1G2) demonstrou um domínio maior do vocabulário científico em relação aos alunos mais ativos do grupo 1 (que apresentou um modelo mais coerente com o aceito cientificamente).

Quadro 5.12. Diálogo J.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>E1G2: <i>Antes é o I<sub>2</sub>, forneceu energia virou dois I.</i> [E1G2 mostra no desenho, figura 2.7. (D – Apresentar o modelo e I – Reforçar a fala)] <i>Só que aí, se um ganhar... esse elétron está no meio (?). Um vai ser positivo e o outro vai ficar negativo.</i></p> <p>P: <i>Na sua ideia é...</i></p> <p>E1G2: <i>Por que assim... Me dá aqui, olha só!</i> [E1G2 pega uma folha e desenha (D – Apresentar o modelo)] <i>O I está aqui, aí eles estão dividindo esse elétron aqui. Eles estão compartilhando esse elétron aqui. Então na hora que romper, se um tinha sete, um continua com sete e esse também continua com sete.</i> [Durante todo esse trecho, E1G2 falou e desenhou para mostrar sua ideia, figura 2.11.] <i>Só que aí ficam duas partículas...</i> [E1G2 gesticula, mostrando separação. (D – Apresentar o modelo e I – Reforçar a fala)]</p>	<p>Simbólico: I; I<sub>2</sub>.</p>  <p>Figura 2.7. M1G2<sub>iodo</sub>.</p>  <p>Figura 2.11. M2G2<sub>iodo</sub></p>	<p>D – Apresentar o modelo</p> <p>I – Reforçar a fala</p>
<p>P: <i>Sem formar íons.</i></p> <p>E1G2: <i>É.</i></p> <p>P: <i>Mas isso não é estável.</i></p> <p>E1G2: <i>Não é estável?</i></p>	<p>Simbólico: I; I<sub>2</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p>

<p>P: <i>Porque olha só... O que existe na natureza é a substância I<sub>2</sub>, não existe átomo de I isolado (D - Explicar). Você está formando uma coisa instável.</i></p> <p>E1G2: <i>Ah tá!</i></p> <p>P: <i>E outra coisa também: quando você faz mudança de estado físico, você muda a substância em si?</i></p> <p>E1G2: <i>Não. Continua a mesma substância.</i></p> <p>P: <i>Aqui você está me mostrando que você tinha uma substância no início e outra substância no final. [Professora aponta no desenho inicial do aluno, figura 2.11 (D - Explicar)] E aqui você está tendo não a substância, mas os átomos daquela substância separados, que são instáveis porque sete não é estável. Estável é com o octeto, com oito.</i></p>	 <p>Figura 2.11. M2G2<sub>iodo</sub>.</p>	
<p>E1G2: <i>Entendi.</i></p> <p>P: <i>E outra coisa também que vocês têm que pensar é na ideia de molécula. Molécula pode ser a menor unidade formadora da substância. E aqui vocês estão violando a ideia de molécula!</i></p> <p>E1G2: <i>Mas... No caso aqui o I, ele vai dividir em várias moléculas... Está assim: várias moléculas unidas...</i></p> <p>P: <i>Moléculas de I<sub>2</sub>? (D-averiguar entendimento)</i></p> <p>E1G2: <i>É, de I<sub>2</sub>, no estado sólido (D - Explicar). Então só que as ligações entre essas moléculas não são tão resistentes como as do grafite. Quando forneço energia para esse ele, vai romper para poder entrar no processo de fusão. Quando elas fundem, as moléculas já não estão tão próximas, a atração não está tão forte como era antes, então elas já estão afastadas.</i></p> <p>P: <i>Então olha só... Me empresta as bolinhas de novo. Sua ideia está me levando a pensar nisso aqui. Vamos supor, isso aqui seria o iodo. [Professora constrói um modelo concreto, figura 2.12. (D - Averiguar entendimento)]</i></p> <p>E1G2: <i>Cada molécula de iodo...</i></p> <p>P: <i>E isso aqui seria outro iodo. Vamos pegar aqui o palitinho. Fazer mais aqui. Esse aqui seria outra molécula. Então isso aqui é a molécula, né? A molécula de iodo. [Professora representa moléculas de iodo, figura 2.13. (D – Averiguar entendimento)]</i></p> <p>E1G2: <i>Hum hum. [E1G2 concorda].</i></p> <p>P: <i>No sólido elas estariam bem organizadas.</i></p>	<p>Simbólico: I; I<sub>2</sub>.</p>  <p>Figura 2.12. Modelo de uma molécula de I<sub>2</sub>, construído pela professora.</p>  <p>Figura 2.13. Modelo para o iodo construído pela professora.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>D – Explicar</p>

<p>E1G2: <i>Isso.</i></p> <p>P: <i>Aí você falou comigo que com o aquecimento elas vão o que?</i></p> <p>E1G2: <i>Elas vão se separar um pouco.</i></p> <p>P: <i>Mas aí é a molécula?</i> [Professora mostra o modelo concreto, figura 2.12. (D – Averiguar entendimento)]</p> <p>E1G2: <i>Isso.</i></p> <p>P: <i>Não o átomo.</i> [Professora mostra no modelo concreto, figura 2. 14. (D – Averiguar entendimento)]</p> <p>E1G2: <i>A molécula.</i></p> <p>P: <i>A molécula. Então o seu modelo não está de acordo com essa ideia.</i></p> <p>E1G2: <i>Ah! Então essa é a diferença. Então dá para entender, da molécula e do átomo.</i></p> <p>P: <i>É.</i></p> <p>E1G2: <i>Eu estava confundindo átomo <math>I_2</math>, com a molécula de <math>I_2</math>. É diferente...</i> (D – Averiguar entendimento)</p> <p>P: <i>Você tem que pensar: tem átomo de iodo e molécula de iodo. A molécula que forma a substância.</i></p> <p>E1G2: <i>É.</i></p> <p>P: <i>E a molécula, você não pode simplesmente destruir a molécula com o aquecimento. Se não fica muito fácil você fazer um monte de coisa por aí só aquecendo.</i></p>	 <p>Figura 2.14. Modelo para um átomo de iodo, construído pela professora.</p> <p>Simbólico: <math>I_2</math>.</p>	
<p>E1G2: <i>É. Então no caso, vou propor que elas estão bem assim, quer ver...</i> [E1G2 recorre ao modelo concreto, figura 2.15 (D - apresentar o modelo)] <i>No caso, elas vão estar mais próximas..</i></p> <p>P: <i>É.</i></p> <p>E1G2: <i>Eu forneço energia, ela funde, ela separa um pouco.</i> [E1G2 mostra a separação no modelo concreto, figura 2.16 (D - apresentar o modelo)].</p> <p>P: <i>Isso.</i></p>	 <p>Figura 2.15. M3G2<sub>iodo</sub> sólido.</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>

	 <p data-bbox="1473 437 1809 501">Figura 2.16. M3G2<sub>iodo</sub> com o aquecimento.</p>	
<p data-bbox="91 544 1370 608">E1G2: <i>Quando eu forneço mais energia ainda, ela ebule, se separa mais. Isso?</i> [E1G2 mostra a separação no modelo concreto, figura 2.16 (D - averiguar entendimento)].</p> <p data-bbox="91 632 174 655">P: <i>Isso.</i></p> <p data-bbox="91 679 685 703">E1G2: <i>E no caso do carbono? Não acontece nada!</i></p> <p data-bbox="91 727 360 751">P: <i>Não acontece nada.</i></p> <p data-bbox="91 775 1361 839">E1G2: <i>Elas vão estar todas assim</i> [E1G2 novamente recorre ao modelo concreto, mas não é possível ver no vídeo].</p> <p data-bbox="91 863 510 887">P: <i>Mas o carbono forma molécula?</i></p> <p data-bbox="91 911 353 935">E1G2: <i>O carbono não.</i></p> <p data-bbox="91 959 528 983">P: <i>Então por isso não acontece nada.</i></p> <p data-bbox="91 1007 1167 1031">E1G2: <i>Então é por isso que um vai formar moléculas. O grafite... Ele é formado de átomos?</i></p> <p data-bbox="91 1054 517 1078">P: <i>Ele é formado de átomos. Não é?</i></p> <p data-bbox="91 1102 999 1126">E1G2: <i>Então quer dizer que as moléculas são mais frágeis do que os átomos.</i></p> <p data-bbox="91 1150 1151 1174">P: <i>As moléculas são fortes. O que é frágil é alguma coisa que une uma molécula na outra.</i></p> <p data-bbox="91 1198 1406 1262">E1G2: <i>Ah tá! Então no caso do iodo, ele se rompe mais fácil porque essa formação química é mais frágil do que a do grafite.</i></p> <p data-bbox="91 1286 797 1310">P: <i>Não é a formação química. A ligação entre as moléculas.</i></p> <p data-bbox="91 1334 517 1358">E1G2: <i>A ligação entre as moléculas!</i></p>	 <p data-bbox="1473 1059 1809 1123">Figura 2.16. M3G2<sub>iodo</sub> com o aquecimento.</p>	<p data-bbox="1890 951 2063 1015">D – Averiguar entendimento</p>

P: *É. No caso do grafite não forma moléculas.*

E1G2: *É átomo.*

P: *É átomo.*

E1G2: *Cada átomo desse é composto por moléculas?*

P: *Não. A molécula é composta por átomos.*

E1G2: *Ah tá!*

P: *Lembra do NaCl que vocês fizeram antes?*

E1G2: *An ham!* [aluno concorda]

P: *O NaCl era molécula?*

E1G2: *Não, era íon.*

P: *Não era molécula, era iônico. Tem substância que não forma molécula. O NaCl não forma, o grafite não forma e tem outras que formam. Água é molécula, o iodo é molécula... Elas têm uma fórmula definida...*

E1G2: *Então no grafite é necessário mais energia para separar os átomos.*

P: *An ham!* [professora concorda]

E1G2: *Acho que está dando para entender! Os átomos têm energia maior do que a das moléculas. Então por isso que a energia é superior, mesmo tendo a mesma ligação, covalente, um é diferente para a formação. Um é por átomos e o outro por moléculas? É isso?*

P: *Exatamente.*

E1G2: *Ah! Então está bom, agora eu entendi.*

P: *Você entendeu E3?*

E3G2: *Mais ou menos.*

P: *O que ele mostrou foi que um é formado por vários átomos então a energia é para separar átomos e no outro caso é formado por moléculas, então a energia é para separar as moléculas. Então não tem isso aqui de quebrar ligações entre átomos no iodo [professora aponta para o desenho, mas não é possível ver]. Só tem no carbono.*

E1G2: *Eu estava confundindo a partícula com molécula. Eu estava confundindo átomo com molécula.*

Classificamos o início do trecho como uma situação explicativa (identificada com fundo branco) porque o estudante E1G2 esclareceu para a professora algumas características do modelo do grupo para o iodo. Para isso, ele utilizou desenhos da fórmula do iodo e do compartilhamento de elétrons, além da descrição oral, que já seria suficiente para o entendimento da proposta dele (D-apresentar o modelo e I-reforçar a fala).

Seguindo o diálogo, a professora afirmou que o modelo do aluno não era coerente (devido à estabilidade das substâncias que ele propõe formar no modelo). Ela justificou porque o modelo era incoerente utilizando aspectos relativos à estabilidade (utilizando a regra do octeto), à mudança de estado físico e à formação de novas substâncias químicas. Para isso, ela utilizou representações simbólicas e o próprio desenho elaborado pelo estudante (D-explicar). Como os estudantes parecem ter compreendido e concordado com essas ideias, ela prosseguiu recorrendo ao conceito de molécula. E1G2 demonstrou uma concepção equivocada de molécula ao tentar explicitar para a professora que utilizou esse conceito no seu modelo para o iodo e para o grafite (D-explicar). Então, a professora construiu um modelo concreto (figura 2.13 e 2.14) para averiguar se havia entendido a ideia de E1G2 (D-averiguar entendimento). Na sequência, o estudante demonstrou ter uma ideia coerente para o modelo do iodo, isto é, representando o afastamento das moléculas de  $I_2$  e não de átomos de iodo. Considerando essas ideias, a professora afirmou que o desenho apresentado pelo grupo não estava coerente com as mesmas. Naquele momento, o estudante E1G2 afirmou que estava confundindo átomo com molécula e a professora enfatizou que eles são conceitos diferentes. Devido às críticas da professora que promoveram as mudanças na proposta do estudante E1G2, classificamos esse segundo trecho como uma situação argumentativa (identificada com fundo cinza).

A parte final do diálogo foi classificada como uma situação explicativa (identificada com fundo branco). Isto porque, após E1G2 ter entendido aqueles conceitos, ele apresentou um novo modelo para o iodo e o modelo para o grafite, utilizando o material concreto (D-apresentar o modelo). A professora, então, explicou que a estrutura do grafite não é molecular e esclareceu algumas dúvidas de E1G2 sobre moléculas. Ela, inclusive, retomou o exemplo do NaCl (enfatizando que ele não é molecular), também usado no grupo 3, e fez uma analogia para facilitar o entendimento da estrutura do grafite e de sua alta temperatura de fusão. E1G2 repetiu as principais ideias explicadas pela professora sobre a diferença entre as estruturas de substâncias moleculares e covalentes, mostrando que, aparentemente, compreendeu as

explicações. Finalmente, a professora ressaltou as principais ideias dos dois modelos apresentados por E1G2 para outra integrante do grupo, E3G2.

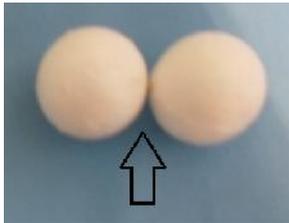
Embora na última linha do quadro tenha muitas falas e o uso de representação tenha ocorrido somente uma vez, optamos por manter todo o trecho da discussão que estava em andamento. Isto porque a discussão era a mesma que permeou a maioria dos diálogos da professora com esse grupo (as diferenças entre as estruturas do iodo e do grafite), sendo que E1G2 ainda demonstrou ter compreendido conceitos importantes nesse momento (como diferenciar as interações entre átomos e moléculas).

**K)** Diálogo K: entre a professora e o grupo 2 na atividade 2.

Esse foi o primeiro momento em que o grupo apresentou um modelo coerente com o científico curricular para o iodo. Ao ser questionado pela professora, E1G2 reconheceu que o modelo do seu grupo não representava a ligação covalente na molécula de iodo, mas demonstrou saber que a ligação ocorre entre dois átomos. Ou seja, ele percebeu uma limitação do modelo elaborado.

A professora parece ter usado o modelo para se certificar de que os alunos entenderam a ideia de rompimento das interações intermoleculares no aquecimento do iodo. O diálogo está apresentado no quadro 5.13.

Quadro 5.13. Diálogo K.

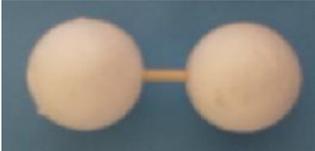
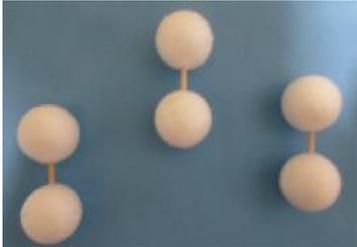
Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Que tipo de ligação existe entre os átomos de grafite?</i></p> <p>E1G2: <i>Covalente.</i></p> <p>P: <i>E onde é que eu posso caracterizar a ligação covalente nesse modelo?</i></p> <p>E1G2: <i>Ligação covalente?</i></p> <p>P: <i>É. Onde é que tem ligação covalente aqui?</i></p> <p>E1G2: <i>Neste daqui?</i> [E1G2 aponta o modelo concreto para o iodo, figura 2.13 (D-fazer referência)].</p> <p>P: <i>Isso.</i></p> <p>E1G2: <i>A ligação covalente não está sendo mostrada não.</i></p>	 <p>Figura 2.13. M3G2<sub>iodo</sub> sólido.</p>	<p>D – Fazer referência</p>
<p>P: <i>É? Mas onde ela estaria? Porque tem ligação covalente no iodo.</i></p> <p>E1G2: <i>É.</i></p> <p>P: <i>Onde ela estaria?</i></p> <p>E1G2: <i>Entre os dois átomos.</i></p> <p>P: <i>Então mostra assim.</i> [Professora mostra com uma parte do modelo que representa o I<sub>2</sub>, gesticulando ao mesmo tempo, figura 2.15.] <i>Então a ligação covalente está entre esses dois</i> (D-averiguar entendimento e I-substituir o vocabulário).</p> <p>E1G2: <i>Exato.</i></p> <p>P: <i>Ok. Durante a fusão do iodo eu quebro a ligação covalente?</i></p> <p>E1G2: <i>Não.</i></p> <p>P: <i>O que eu faço durante a fusão dele?</i></p> <p>E1G2: <i>As moléculas separam mais.</i></p> <p>P: <i>Isso. As moléculas se afastam mais, então agora eu consigo entender porque, embora a ligação covalente seja uma ligação muito forte, é normal eu conseguir fundir isso daqui, porque eu não estou quebrando ligação covalente. Eu estou simplesmente...</i></p> <p>E1G2: <i>Separando as moléculas.</i></p> <p>P: <i>Separando as moléculas umas das outras. Ok.</i></p>	 <p>Figura 2.15. Indicação da ligação covalente.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>

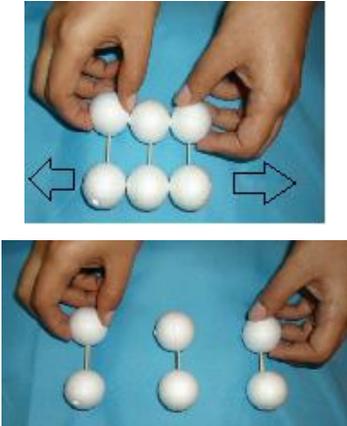
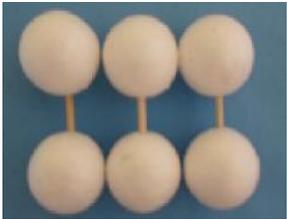
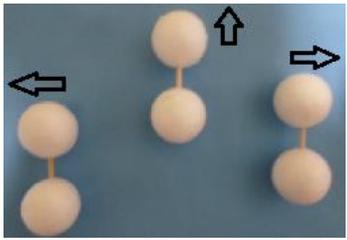
Como a professora buscou alguns esclarecimentos sobre o modelo para o iodo durante o aquecimento e fusão e os alunos explicaram melhor alguns detalhes daquele, classificamos essa situação como explicativa (identificada com fundo branco). O primeiro aspecto sobre o qual a professora questionou o grupo foi o tipo de ligação e a representação desta no modelo para o iodo. E1G2 afirmou que o tipo de ligação nas duas substâncias era covalente e reconheceu que o modelo para o iodo não representava explicitamente a ligação (D-fazer referência). No entanto, ele afirmou que essa ligação seria representada entre dois átomos de iodo. A professora, então, se certificou de que ele entendia onde seria, mostrando no modelo concreto para o iodo e utilizando gestos (D-averiguar entendimento e I-substituir o vocabulário). Finalmente, a professora solicitou que ele descrevesse o que acontece com as moléculas durante a fusão e E1G2 o fez com coerência.

**L)** Diálogo L: entre a professora e grupo 3 na atividade 2.

Nesse trecho (apresentado no quadro 5.13), as intenções da professora parecem ser as mesmas do trecho anterior com o grupo 2 (diálogo K). Ela tentou compreender os modelos finais apresentados pelo grupo para o iodo e o grafite e fez alguns questionamentos sobre eles, buscando se certificar da compreensão da ideia de moléculas e interações intermoleculares.

Quadro 5.14. Diálogo L.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>E então, evoluíram um pouquinho?</i></p> <p>E3G3: <i>Olha o que eu escrevi aqui professora.</i></p> <p>P: <i>Iodo: a energia fornecida foi capaz apenas de afastar as moléculas, mas não de romper suas ligações.</i> [Professora lê em voz alta o que E3G3 escreveu. (D – Apresentar o modelo)]</p>	<p>Verbal/escrito: “Iodo: a energia fornecida foi capaz apenas de afastar as moléculas, mas não de romper suas ligações.”</p>	<p>D – Apresentar o modelo</p>
<p>P: <i>O que seria uma molécula aqui?</i></p> <p>E3G3: <i>Isso aqui.</i> [E3G3 e E2G3 mostram uma parte do modelo concreto, figura 3.22. (D – Explicar)]</p>	 <p>Figura 3.22. M5G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p>
<p>P: <i>Isso, a molécula aqui seria constituída por dois átomos de iodo, ok?! Beleza, e como seria o iodo como um todo, pensando em moléculas.</i></p> <p>E3G3: <i>Eles juntos, né?</i> [E3G3 e E2G3 começam a juntar os vários pares que representam uma molécula, figura 3.23. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]</p>	 <p>Figura 3.23. M5G3<sub>iodo</sub>.</p>	<p>D - Explicar I – Substituir o vocabulário</p>

<p>P: <i>Juntos? Juntos, juntos, juntos ligados, como que é?</i> [Professora pega o modelo concreto e gesticula com ele, figura 3.24. (D – Averiguar entendimento)] <i>Ele é formado por moléculas, tem várias moléculas, como é que essas moléculas estão?</i></p>	 <p>Figura 3.24. Gestos da professora com o modelo concreto.</p>	<p>D - Averiguar entendimento</p>
<p>E3G3: <i>Assim oh!</i> [E3G3 mostra, juntando as partes do modelo concreto que estavam mais afastadas, figura 3.25. (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)]</p>	 <p>Figura 3.25. M5G3<sub>iodo</sub> sólido.</p>	<p>D - Explicar I – Substituir o vocabulário</p>
<p>P: <i>Tá, próximas e organizadas</i> [Professora aponta o modelo, organizado pelas alunas, figura 3.25 (D – Averiguar entendimento e I - Reforçar a fala)]. E3G3: <i>É.</i> P: <i>Ok! Quando eu aqueço, o que eu faço com esse material?</i> E2G3 e E3G3: <i>Elas se afastam</i> [E2G3 e E3G3 mostram o afastamento no modelo, distanciando os pares que representam as moléculas, figura 3.26 (D - Explicar)].</p>	 <p>Figura 3.26. M5G3<sub>iodo</sub> durante o aquecimento.</p>	<p>D - Averiguar entendimento I – Reforçar a fala D – Explicar</p>

<p>P: <i>Elas se afastam.</i></p> <p>E2G3: <i>As moléculas, mas não a ligação.</i></p> <p>P: <i>Isso!</i></p> <p>E3G3: <i>A ligação não se rompe em momento algum!</i></p> <p>P: <i>Qual é a evidencia que a gente tem de que a ligação não se rompe?</i></p> <p>E2G3: <i>Que no final ela volta a ser sólido. Ela volta a ser o que era no início, então não rompe nenhuma ligação.</i></p>		
<p>P: <i>Ah! Tem isso também, agora também a gente pode pensar numa outra coisa. A ligação que acontece aqui é covalente, não é?</i> [Professora aponta o modelo concreto para o iodo, figura 3.27. (D – Fazer referência)]</p> <p>E2G3: <i>É.</i></p> <p>P: <i>A ligação que acontece no grafite também é covalente. Se as ligações são as mesmas, a força que as mantém unidas tem que ter a mesma dimensão, a mesma magnitude.</i></p> <p>E3G3 e E2G3: <i>An ham.</i> [E3G3 e E2G3 concordam.]</p> <p>P: <i>Então eu não posso pensar que eu consigo quebrar uma ligação covalente num momento e no outro eu não consigo quebrar. Desse jeito eu consigo explicar?</i></p> <p>E3G3: <i>Sim.</i></p> <p>P: <i>Consigno. Porque eu não estou quebrando...</i></p> <p>E3G3 e E2G3: <i>... a ligação.</i></p> <p>P: <i>...a ligação.</i></p> <p>E3G3: <i>Aqui já não é molécula. Então a energia vai ter que ser muito forte para quebrar a ligação.</i> [E3G3 aponta para um desenho do grafite, figura 3.16. (D – Fazer referência)]</p>	<div data-bbox="1312 628 1637 788" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1218 817 1733 847">Figura 3.27. Indicação da ligação covalente.</p> <div data-bbox="1198 917 1751 1098" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1339 1126 1615 1157">Figura 3.16. M2G3<sub>grafite</sub>.</p>	<p data-bbox="1890 884 2011 954">D – Fazer referência</p>

P: *Cada bolinha dessa representa o que?* [Professora pega uma bolinha que fazia parte do modelo do grafite, figura 3.14. (D – Averiguar entendimento)]

E3G3 e E2G3: *Um átomo.*

P: *Um átomo de carbono.*

E3G3 e E2G3: *Carbono.*

P: *Então a estrutura mínima do grafite é o átomo de carbono. Qual a estrutura mínima do iodo?*

E2G3: *O I.* (I - Substituir o vocabulário)

P: *O I? Então tem I sozinho...* (D - Averiguar entendimento e I - Substituir o vocabulário).

E2G3: *O I<sub>2</sub>!* (I - Substituir o vocabulário).

E3G3: *O átomo de I<sub>2</sub>!* (I - Substituir o vocabulário).

P: *Átomo de I<sub>2</sub>? Como é que é a palavra?* (D - Averiguar entendimento).

E3G3: *Partícula?*

P: *Você falou antes.*

E3G3: (?)

P: *Molécula. Grupos de átomos formam o que nos chamamos de...*

E3G3: *...de rede!*

P: *Não. Grupos isolados formam o que nós chamamos de moléculas. Ok?*

E3G3: *Ah tá!*

P: *Então a unidade mínima do iodo seriam as moléculas de I<sub>2</sub>* (I - Substituir o vocabulário)

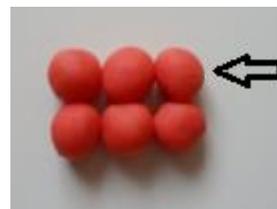


Figura 3.14. M2G3<sub>grafite</sub>.

Simbólico: I; I<sub>2</sub>.

D - Averiguar  
entendimento

I – Substituir o  
vocabulário

A situação foi classificada como explicativa (identificada com fundo branco) porque as alunas apresentaram os dois modelos e esclareceram algumas dúvidas que a professora apresentou tanto em relação às estruturas modeladas e aos códigos de representação quanto ao entendimento das alunas sobre a menor unidade de formação do iodo e do grafite. Primeiramente, o grupo apresentou o modelo para o iodo que foi lido pela professora (D-apresentar o modelo). Então, a professora perguntou o que o grupo havia chamado de molécula e E3G3 mostrou para a professora no modelo concreto (D-explicar). Em seguida, atendendo novamente a solicitação da professora (D-averiguar entendimento), E3G3 mostrou como as moléculas de iodo estariam organizadas na substância (D-explicar e I-substituir o vocabulário) e E2G3 mostrou como seria o afastamento das moléculas na mudança de estado físico do iodo (D-explicar). A professora, então, retomou a questão que gerou as principais discussões argumentativas nos outros diálogos desse grupo: o fato de existirem ligações covalentes no iodo e no grafite, mas de eles apresentarem pontos de fusão muito diferentes (D-fazer referência). Nesse momento, E2G3 e E3G3 conseguiram explicar esse fato com os modelos do grupo, baseando-se na formação e rompimento de interações intermoleculares no iodo e de interações interatômicas no grafite (elas não utilizaram esses termos, mas responderam nesse sentido) (D-fazer referência). Ao perceber que os modelos do grupo estavam coerentes e que as estudantes conseguiam utilizá-los para explicar os fenômenos observados, a professora questionou outros pontos. Ela mostrou ao grupo que a parte mínima do grafite é o átomo de carbono, utilizando o modelo concreto para questionar o que representava um átomo (D-averiguar entendimento). Ao serem questionados sobre a estrutura mínima do iodo, E2G3 e E3G3 mostraram dificuldade em responder, pois pareciam não compreender esse conceito. Além disso, elas ainda confundiam molécula de  $I_2$  com átomo de iodo (I-substituir o vocabulário). A professora, então, finalizou as explicações apresentando novamente o significado de molécula e afirmando que as moléculas de iodo são a unidade mínima dessa substância (I-substituir o vocabulário).

**M)** Diálogo M: entre a professora e o grupo 1 na atividade 3.

A professora explicou o motivo da realização do experimento e a questão principal da Atividade 3 (Realizar experimentos primeiro com substâncias que contêm amido e uma solução de iodo – observando a reação entre amido e  $I_2$  – e, em seguida, com aquelas substâncias e o vapor de iodo). Assim, era esperado que os estudantes utilizassem esta atividade para testar os modelos construídos na Atividade 2, pois ela forneceria evidências de

que, na mudança de estado físico, o iodo continuava constituído por moléculas de  $I_2$  e não por átomos separados de iodo (o que poderia ser a proposta de alguns grupos). Espontaneamente, uma integrante retomou o modelo elaborado na atividade anterior e tentou explicar que o mesmo era coerente com o experimento observado. Porém, ao se referir ao modelo, a estudante não demonstrou domínio dos nomes de entidades representadas no modelo (por exemplo, átomo, molécula e ligação covalente). Ao invés disso, ela usou termos como “duplas” e “bolinhas”. Em outro momento, novamente os estudantes usam o termo “duplas” para designar moléculas. Isto é importante, pois parece indicar que os eles entendiam o que o modelo representava, apesar de não utilizarem a nomenclatura correta. O diálogo é apresentado no quadro 5.15.

Quadro 5.15. Diálogo M.

Diálogo	Representação utilizada	Função da representação
<p>P: <i>Tá mostrando que... Com o aquecimento, o seu modelo está mostrando que os átomos se separam?</i></p> <p>E1G1: <i>An ham!</i> [E1G1 concorda.]</p> <p>P: <i>Esse teste que você fez é para verificar a reação do amido com o I<sub>2</sub>. Então o modelo que você fez explica essa reação do I<sub>2</sub> com o amido?</i> (D – Explicar)</p> <p>E1G1: <i>Eu acho que não. Aqui não ocorre aquecimento.</i></p> <p>P: <i>Não, não.</i></p> <p>E2G1: <i>Eu acho que explica sim porque é solução de amido.</i></p> <p>P: <i>Não. Ali é solução do iodo!</i></p> <p>E2G1: <i>Iodo!</i></p> <p>P: <i>No pão e na batata você tem amido. Então o iodo vai reagir com o amido. Então o iodo que você representou ali, você não está mostrando que ocorre a quebra da ligação? Então ele deixa de ser I<sub>2</sub> e passa a ser I. I sozinho não reage, o que reage é o I<sub>2</sub>.</i> (D – Explicar)</p> <p>E2G1: <i>Ah tá!</i></p>	<p>Simbólico: I; I<sub>2</sub>.</p>	<p>D – Explicar</p>
<p>P: <i>Então o seu modelo ali explica?</i></p> <p>E2G1: <i>Não.</i></p> <p>P: <i>Não explica porque está mostrando I separado de I, entendeu E1G1? Então você teria que colocar que não explica. Ai vocês vão fazer o experimento, a partir do resultado do experimento vocês vão reformular o modelo. Entendeu?</i> (D – Explicar)</p> <p>E2G1 e E1G1: <i>Ah tá!</i></p> <p>P: <i>Então é só você responder que o seu modelo não explicava por ali você está mostrando o rompimento de ligação entre os “Is”. Átomos de I.</i> (D – Explicar) <i>E agora você vai fazer o seguinte: você vai aquecer o iodo.</i></p> <p>E1G1: <i>A gente vai fazer o que? A gente vai molhar o cotonete...</i></p> <p>P: <i>Você vai molhar um cotonete no amido de milho. Ai você vai aquecer, lembra que você virou para o gás</i></p>	<p>Simbólico: I.</p>	<p>D – Explicar</p>

<p><i>sair? Na hora que o gás tiver saindo alguém do seu grupo vai colocar o cotonete com a ponta cheia de amido aqui. Para ver se vai acontecer a mesma reação química.</i></p>		
<p>E2G1: <i>Mas espera aí professora! Esse I não é ligação... Esse iodo aí não é uma bolinha numa ponta e outra na outra? Esse I sozinho é a separação da bolinha?</i> [E2G1 parece gesticular, mas não é possível ver no vídeo. (D – Averiguar entendimento e I – Substituir o vocabulário)]</p> <p>P: <i>É. Isso é reformulado.</i></p>	<p>Verbal: O modelo do grupo 1 para o iodo apresenta a ideia de rompimento de interações intermoleculares. O modelo concreto é constituído por pares de bolinhas de isopor ligadas por uma mola (representando a molécula de iodo – figura 1.5), sendo que no momento do aquecimento esses pares colidem um contra o outro e há a separação dos mesmos (figura 1.4).</p> <p>Simbólico: I.</p>	<p>D – Averiguar entendimento</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>
<p>E2G1: <i>Mas no nosso modelo não separa bolinha não. Porque aqui no nosso separa é as moléculas, elas agitam e bate umas nas outras e distancia um pouco. As bolinhas vão estar juntas.</i> (D – Explicar e I – Substituir o vocabulário)</p> <p>P: <i>Ah!</i></p> <p>E1G1: <i>(?). Em dupla, separou em dupla.</i></p> <p>E2G1: <i>O iodo não separou não. Separou em duplas.</i></p> <p>P: <i>Então está certo!</i></p> <p>E2G1: <i>Então explica né?</i></p> <p>P: <i>Explica.</i></p>	<p>Verbal: O modelo do grupo 1 para o iodo apresenta a ideia de rompimento de interações intermoleculares. O modelo concreto é constituído por pares de bolinhas de isopor ligadas por uma mola (representando a molécula de iodo – figura 1.5), sendo que no momento do aquecimento esses pares colidem um contra o outro e há a separação dos mesmos (figura 1.4).</p>	<p>D – Explicar</p> <p>I – Substituir o vocabulário</p>

Classificamos a situação inicial como explicativa (identificada com fundo branco) porque no início do diálogo a professora estava explicando a Atividade 3 para o grupo – o experimento que eles devem realizar e a análise do resultado em relação ao modelo do grupo (se o modelo é coerente com o resultado ou não). Para isso, ela utilizou somente representações simbólicas para auxiliá-la (D-explicar). A professora, inclusive, descreveu para os estudantes quais seriam as observações do experimento. Ao perceber que os estudantes haviam entendido a atividade, a professora questionou se o modelo deles explicava os resultados experimentais. Como E2G1 afirmou que não, a professora tentou mostrar porque aquele modelo não explicava o experimento com o iodo. Ao fazer isto, a professora novamente utilizou somente representações simbólicas (D-explicar). Aparentemente, o grupo concordou com a professora.

Após alguns segundos das explicações da professora, E2G1 discordou dela e se justificou mostrando como o modelo elaborado pelo grupo explicava o experimento. Assim se iniciou uma situação argumentativa (identificada com fundo cinza). A professora havia se confundido em relação aos modelos inicial e final do grupo (o modelo inicial propunha rompimento de interações interatômicas e, de fato, era incoerente com os resultados experimentais da Atividade 3; porém, o modelo havia sido reformulado e era coerente com os experimentos). E2G1 justificou a coerência do modelo confirmando se havia entendido as explicações sobre o experimento dadas pela professora. Ao fazer isto, a estudante não utilizou o vocabulário específico, mas sim os códigos de seu modelo (por exemplo, bolinha ao invés de átomo) (D-averiguar entendimento e I-substituir o vocabulário). Ela ainda retomou o modelo por meio da apresentação verbal deste para que a professora percebesse a coerência do modelo com os experimentos e, novamente, não utilizou os termos científicos (D-explicar e I-substituir vocabulário). O estudante E1G1 também auxiliou nessa defesa do modelo e, ao final, a professora entendeu como o modelo do grupo se adequava aos resultados.

### ***Aspectos gerais***

Para uma visão mais ampla dos resultados, após a análise dos dados fizemos uma contagem das funções das representações utilizadas pelos estudantes e pela professora e das situações discursivas. Ao todo, aconteceram 9 situações argumentativas e 14 situações explicativas. O quadro 5.16 mostra quantas vezes a professora e os estudantes utilizaram as representações de acordo com as funções identificadas.

Quadro 5.16. Frequência de uso das representações pelos indivíduos.

Função	Número de utilizações	
	Professora	Estudantes
I – Reforçar a fala	14	17
I – Substituir o vocabulário	8	20
D – Apresentar o modelo	0	21
D – Averiguar entendimento	34	7
D – Explicar	20	32
D – Identificar/ Corrigir	2	0
D – Fazer referência	14	6
TOTAL	92	103

A quantidade de vezes em que a professora e os estudantes recorreram às representações não diferiu muito (92 e 103 vezes, respectivamente). Porém, as funções que cada um mais utilizou foram diferentes.

No caso das funções pertencentes ao primeiro grupo (Funções que são independentes do contexto do objetivo), *Reforçar o que o indivíduo está expressando oralmente* foi utilizada de forma semelhante pela professora e pelos estudantes (14 e 17 vezes, respectivamente). Por outro lado, a função *Substituir o vocabulário científico específico* foi muito mais usada pelos estudantes do que pela professora (20 e 7 vezes, respectivamente). Acreditamos que essa diferença se deve ao fato de os estudantes apresentarem dificuldades com alguns termos específicos como *átomo*, *substância* e, principalmente, *molécula*. Nesse caso, os diálogos indicam que os estudantes, aparentemente, apresentavam dificuldade com o tema ligação covalente (que havia sido ensinado anteriormente pela professora, utilizando o método de ensino tradicional). Essa dificuldade foi evidenciada, por exemplo, no diálogo A, em que E2G1 mostrou dificuldades na compreensão do compartilhamento de elétrons em uma ligação, e no diálogo I, em que E1G1 e E2G1 tiveram dificuldades com os termos *átomo* e *molécula* (as estudantes utilizam os termos “*duplas*” e “*parzinhos*” para se referir ao que seria uma molécula de iodo). No caso da professora, na maioria dos momentos em que ela não utilizou os termos científicos mais adequados, estava mantendo a forma de comunicação dos estudantes para continuar o diálogo. Acreditamos que isto pode ter acontecido por ela considerar que dessa forma seria mais fácil para os estudantes compreenderem suas explicações e seus questionamentos. Por exemplo, no diálogo I, E1G1 e E2G2 não falaram

*moléculas*, mas sim “*duplas*” e “*parzinhos*”. Então, a professora usou os mesmos termos para questioná-los sobre aspectos do modelo para o iodo: “... *o afastamento dos pares pode ocorrer em uma energia bem baixa, não pode?*”.

Em relação às funções das representações do segundo grupo (Funções que são dependentes do contexto do objetivo), no caso da primeira, *Apresentar o modelo mostrando as informações de uma proposta*, somente os estudantes utilizaram as representações com esse propósito (21 vezes). Isto era esperado, pois o objetivo da atividade era que os grupos elaborassem e apresentassem modelos para os fenômenos observados nos experimentos – o que a professora não teve que fazer em nenhum momento.

A função *Averiguar o entendimento de uma representação ou resposta, expondo novamente a representação ou destacando um aspecto implícito na apresentação do modelo* foi muito mais utilizada pela professora do que pelos estudantes (34 e 7 vezes, respectivamente). Esse resultado também foi coerente com o que se esperava diante dos objetivos das atividades, pois a professora poderia manifestar dúvidas sobre as propostas dos estudantes ou questionar alguns aspectos destas para que os estudantes identificassem falhas tanto em seus modelos quanto em sua compreensão de aspectos conceituais (manifestados em suas representações). Dessa forma, os próprios estudantes poderiam reformular seus modelos e ter uma compreensão mais coerente dos aspectos conceituais envolvidos na elaboração dos modelos. Na maioria das vezes em que os estudantes usaram as representações com o objetivo de averiguar o entendimento, a professora havia dado alguma explicação acerca de aspectos conceituais relacionados aos modelos e eles buscavam confirmar se haviam entendido, de fato, o que a professora havia explicado. Destacamos que o uso das representações com essa função poderia ter sido mais frequente no caso dos estudantes se os mesmos tivessem tido mais discordâncias entre si, nos seus grupos. Porém, como a situação analisada foi apenas a segunda vez que os estudantes tinham contato com modelagem, não foi uma tarefa simples para eles elaborar mais de um modelo no grupo – o que poderia ocasionar mais questionamentos entre os integrantes do próprio grupo e o uso dos modelos com a função de averiguar o entendimento. Inclusive, se isto acontecesse seria possível considerar mais semelhanças entre as situações argumentativas envolvendo os estudantes e as situações 1 e 2 do esquema de Baker (2009), em que há interação entre dois indivíduos com propostas diferentes.

O número de vezes que a professora e os estudantes utilizaram as representações com a função de *Explicar um conceito ou aspecto específico* foi relativamente próximo (20 e 32 vezes, respectivamente). Acreditamos que o fato de a professora utilizar um pouco menos as representações com esta função se deveu ao fato de ela ter mais facilidade para se expressar oralmente, sem a necessidade de recorrer a outras formas de comunicação no ato de explicar. Em contrapartida, é positivo o fato de ela usar representações distintas em sua fala ao explicar pois, demonstra que ela tem maior domínio de diferentes modos representacionais, o que facilita sua comunicação com os estudantes durante o processo de ensino, na medida em que ela pode utilizar diferentes representações de acordo com a necessidade dos deles. Por outro lado, os estudantes não tinham essa mesma facilidade, o que ficou explícito na contagem das vezes que eles utilizaram as representações para *substituir o vocabulário específico* (como discutimos anteriormente). Isso corrobora a afirmação de Gilbert (2005) de que é importante o uso de vários modos e submodos representacionais no ensino. Nossos resultados evidenciam o quanto os modelos foram importantes para que os estudantes conseguissem se expressar. Além disso, como por várias vezes a professora buscou esclarecimentos sobre aspectos referentes aos modelos dos grupos (*Averiguar entendimento*), parece-nos coerente que eles tenham utilizado as representações mais frequentemente para explicá-los à professora.

A função *Mostrar a incoerência da representação e a forma mais adequada de se representar* foi utilizada somente por duas vezes pela a professora. Isto é coerente, pois a professora tem maior conhecimento conceitual para identificar e corrigir as possíveis incoerências dos códigos das representações dos estudantes. Além disso, o fato desse tipo de incoerência ter ocorrido poucas vezes indica que os estudantes se adaptaram bem às atividades de modelagem, embora essa tenha sido a segunda experiência deles com esse tipo de atividade.

Finalmente, a função *Fazer referência a uma representação de interesse* foi mais recorrente no caso da professora do que dos estudantes (14 e 6 vezes, respectivamente). Acreditamos que a professora tenha recorrido mais a esta função por ser capaz de apontar o modelo e expressar sua dúvida oralmente, sem a necessidade de utilizar o modelo para o seu principal objetivo (por exemplo, explicar um aspecto conceitual expresso na representação). Por outro lado, os estudantes eram mais dependentes dos modelos, principalmente, em relação aos conceitos mais abstratos, o que implica no uso dos mesmos não só para fazer referência a um modelo específico (como no caso desta função), mas também com outros

objetivos como *explicar*, *averiguar o entendimento*, *substituir o vocabulário específico* etc. Nesse caso, destacamos a afirmação de alguns trabalhos (por exemplo, Gilbert, 2005; Kozma & Russell, 2005) de que é necessária a utilização de diferentes recursos para a comunicação, em especial no caso da química, uma ciência de caráter fortemente abstrato quando comparada a outras ciências.

Para uma visão geral do uso das representações com diferentes funções de acordo com as situações discursivas, fizemos outra contagem apresentada no quadro 5.17.

Quadro 5.17. Frequência do uso das representações nas situações discursivas.

Situação \ Indivíduo	Professora	Estudantes
	Argumentativa	36
Explicativa	40	54

Nas situações argumentativas, a professora utilizou as representações com mais frequência do que os estudantes. Acreditamos que isso se deveu ao seu posicionamento nos diálogos, como fomentadora das argumentações durante a modelagem e incentivando a discussão acerca dos fenômenos representados nos modelos. Nesse sentido, o papel da professora nos parece coerente com que foi representado na figura 4.2 (releitura do recorte do esquema apresentado por Baker, 2009) porque muitas das situações argumentativas foram desencadeadas por ela ao questionar os grupos acerca das características dos modelos elaborados por eles. Isto ocorreu tanto no intuito de auxiliá-los na percepção de alguma incoerência do modelo (e assim incentivar uma mudança no modelo ou a elaboração de outro), quanto visando se certificar do entendimento dos estudantes acerca dos aspectos representados (e assim possibilitar que eles confirmassem a adequação do modelo). Esse papel da professora (em acordo com a releitura do esquema de Baker) e sua recorrência às representações nas situações argumentativas são coerentes, ainda, com a alta frequência com que ela utilizou representações com o objetivo de *averiguar o entendimento* dos estudantes (quadro 5.16). Isto porque, embora ela não apresentasse uma opção de modelo que estivesse defendendo (assim como representamos na figura 4.2), ela motivou e participou das situações argumentativas possibilitando aos estudantes optar pelo melhor modelo por meio de um posicionamento crítico diante do mesmo.

O fato de os estudantes terem utilizado mais as representações nas situações explicativas do que nas argumentativas pode estar relacionado com o fato de que, para eles, explicar fosse uma ação mais simples e comum do que argumentar. Esse resultado corrobora o trabalho de Duschl & Osborne (2002), em que os autores afirmam que a argumentação não é comum no processo de ensino e aprendizagem, enquanto as explicações estão sempre presentes, ainda que não sejam associadas a discursos dialógicos. Além disso, como dissemos no parágrafo anterior, de um modo geral, as situações argumentativas foram desencadeadas pela professora, enquanto os estudantes participavam mais fornecendo explicações do que buscando argumentar. Isto é, embora os estudantes tenham evoluído na argumentação durante as atividades de modelagem (como foi comprovado em Mendonça, 2011), a professora teve maior destaque nessas situações devido ao seu papel de fomentadora da argumentação. Isto não é comum, pois como mostrado por Driver et al. (2000), de um modo geral, os professores têm dificuldades em lidar com atividades que favorecem práticas discursivas como o processo de construção e defesa de explicações. Em concordância com a afirmação de Jiménez (2008) de que os estudantes argumentam se o contexto deles requer a prática de argumentar, acreditamos que, se a argumentação fosse uma prática mais recorrente nas salas de aula, os estudantes poderiam argumentar mais e melhor.

Enfim, ressaltamos que ao observar os diálogos, percebemos que a professora teve um bom desempenho tanto nas situações argumentativas quanto nas explicativas. A professora favoreceu a argumentação ao dar oportunidade para os estudantes proporem mais de uma explicação para os fenômenos observados, e ao discutir sobre essas explicações na busca da mais adequada (por exemplo, na situação argumentativa no diálogo E). Kuhn (2010) afirma que práticas argumentativas dessa natureza podem favorecer a aprendizagem conceitual, que em nosso trabalho parece ter sido favorecida, pois os estudantes passaram a entender melhor os conceitos de molécula e interações intermoleculares quando comparamos com o início das atividades. Dessa forma, aconteceram situações semelhantes ao que é proposto por Berland e Reiser (2008), sobre o processo de construção e defesa de explicações, pois os estudantes apresentavam várias explicações para um mesmo fenômeno à professora, enquanto esta criticava as propostas incoerentes de modo a favorecer a elaboração de melhores explicações pelos estudantes. Destacamos ainda que ocorreram discursos, de fato dialógicos, entre os grupos e a professora, sendo que ela incentivava e conduzia essas discussões, ouvindo e discutindo as concepções dos estudantes antes de impor aos estudantes uma única visão (a científica). Ou seja, a professora favoreceu o processo de aprendizagem a partir das transições

dos discursos dialógico e autoridade, sem que isso ocorresse de forma autoritária. Esse papel da professora, considerando várias explicações dos estudantes e a interação entre ela e os grupos, parece ter sido crucial para a ocorrência das situações explicativas e, principalmente, das argumentativas, como apontado por alguns autores (por exemplo, Driver et al., 2000; Osborne & Patterson, 2011).

Finalmente, fizemos uma análise dos diálogos em relação ao uso dos diferentes modos representacionais propostos por Gilbert (2005), o resultado está no quadro 5.18.

Quadro 5.18. Frequência do uso de diferentes modos representacionais.

Situação	Modo	Concreto	Visual	Verbal	Gestual	Simbólico	Total
	Indivíduo						
Argumentativa	Professora	22	10	0	0	4	36
	Estudante	13	4	2	1	4	24
Explicativa	Professora	19	4	0	1	16	40
	Estudante	34	4	1	8	6	53
Total		88	22	3	10	30	153

Analisando o quadro, percebemos que, de maneira geral, os modos mais frequentemente utilizados foram o concreto, o visual e o simbólico. Esse resultado corrobora a afirmação de Gilbert (2005) de que esses são os modos predominantes na química. Assim, utilizá-los e transpor um modo em outro e seus submodos é essencial para a aprendizagem de química.

Considerando o uso do modo concreto pela professora e pelos estudantes nas situações argumentativa e explicativa percebemos que, na primeira situação, a professora utilizou muito mais este modo do que os estudantes (22 e 9 vezes, respectivamente). Por outro lado, na situação explicativa os estudantes utilizaram este modo um pouco mais do que a professora (30 e 22 vezes, respectivamente). Este resultado é coerente com o que discutimos anteriormente (sobre os quadros 5.16 e 5.17) em relação à participação da professora nas situações argumentativas, em que ela exerceu o papel de fomentadora dessas situações, criticando os modelos concretos dos estudantes e os conduzindo às alterações necessárias para um modelo mais adequado. Por outro lado, embora os estudantes participassem dessas situações argumentativas, também buscavam mais explicações sobre aspectos conceituais

acerca dos modelos com a professora, o que pode explicar o maior uso dos modelos concretos pelos estudantes em situações explicativas.

Considerando separadamente a professora, identificamos a predominância em relação aos modos representacionais (concreto, visual e simbólico). No entanto, ao analisar somente os estudantes percebemos que eles utilizaram os modos visual e gestual com a mesma frequência, 8 vezes. Acreditamos que a utilização do modo gestual emergiu diretamente da necessidade dos estudantes de se expressar de outra forma, além da verbal. Isto porque, ao contrário dos modos concreto e visual que eram solicitados nas atividades (construção do modelo e desenho), o modo gestual não foi requerido em nenhum momento, explicitamente. Ou seja, eles sentiram a necessidade de complementar esses modos com o gestual (utilizado cotidianamente) para que fossem melhor compreendidos pela professora ou para que pudessem expressar mais claramente o que os outros modos diziam. Outro resultado interessante evidenciado no quadro é o fato dos estudantes terem utilizado os modos simbólico e visual muito menos vezes do que a professora. Isto talvez, se deveu à necessidade de um maior nível de abstração para se expressar utilizando o modo simbólico e a dificuldade dos estudantes de se expressar por meio de um desenho (submodo utilizado pelos estudantes dentro do modo visual, no caso da atividade 2), quando comparado com a facilidade de se elaborar um modelo no modo concreto. Outras possibilidades para o maior uso do modo visual pela professora seriam: a facilidade da mesma para desenhar ao invés de montar os modelos concretos em alguns momentos da discussão e o fato de muitas das discussões terem ocorrido a partir de um desenho inicialmente elaborado pelos estudantes. Neste último caso, como a professora questionou bastante os modelos dos alunos e/ou buscou explicar vários aspectos importantes relacionados aos mesmos, ela utilizou mais o modo visual do que os estudantes.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

### Discussão das Questões de Pesquisa

Em nosso trabalho, nos preocupamos em analisar, de um modo geral, como ocorreu o uso de representações por estudantes e professora em um contexto de ensino baseado em modelagem. Para isso, focamos em duas situações discursivas que podem emergir de atividades investigativas de modelagem: explicativa e argumentativa. A partir daí, classificamos e identificamos a função das representações nestas situações, ou seja, caracterizamos como os estudantes e a professora as utilizava na realização de uma unidade didática de modelagem. Neste último capítulo, retomamos alguns dos resultados que discutimos para subsidiar a discussão de nossas questões de pesquisa.

Considerando nossa primeira questão de pesquisa “Como os estudantes utilizam as representações nas situações explicativas e argumentativas?” acreditamos que a análise e discussão dos dados nos permitem propor algumas características gerais.

Em relação ao objetivo dos estudantes ao utilizar as representações nas situações discursivas, identificamos algumas funções nos diálogos envolvendo os estudantes e a professora, sendo que algumas delas foram muito frequentes para os estudantes, em relação à professora. Destacamos as funções *substituir o vocabulário específico* e *apresentar o modelo*. Relacionamos esses resultados a duas características específicas do contexto de aprendizagem observado: as dificuldades dos estudantes participantes e as questões das atividades da unidade didática aplicada. Em nossa análise percebemos que os estudantes tinham dificuldades com alguns conceitos e nomenclatura específica do conteúdo, e que para superar essa dificuldade, ao se comunicar eles recorriam às representações para expressar suas ideias. Isso reafirma a importância de outros modos representacionais além do verbal (Padilha & Carvalho, 2011), pois sem os modelos, possivelmente, alguns estudantes não conseguiriam se fazer entender devido à ausência de vocabulário para se expressarem no modo verbal. Por outro lado, percebemos também que os estudantes foram coerentes com o foco da atividade 2 (principal atividade utilizada para a coleta de dados), pois se destacaram no uso das representações ao construir e apresentar os modelos dos grupos (um dos objetivos da atividade 2).

Nossos dados não nos permitem fazer muitas afirmações sobre o momento em que os estudantes deixaram de utilizar as representações como substitutas dos termos científicos. Embora os integrantes do grupo 1, o que mais demonstrou dificuldade nesse aspecto no início das atividades, tenham utilizado termos específicos durante a atividade 3, não acreditamos que isso seja suficiente para afirmar que o grupo superou essa dificuldade. Ainda assim, acreditamos que os estudantes tenham evoluído em relação à compreensão de aspectos conceituais (como foi comprovado em Mendonça, 2011), o que foi possível também, devido à utilização dos modelos concretos nas discussões com a professora em auxílio ao submodo oral. Como afirma Padilha (2011), nesse caso o modo verbal não foi suficiente para que os indivíduos fossem compreendidos, sendo necessários outros modos representacionais. Acreditamos que mais estudos que investiguem o processo em que o estudante utiliza representações em outros modos que não o verbal para substituir termos científicos específicos sejam necessários. Assim dados mais específicos poderiam subsidiar conclusões sobre o momento e a maneira como o estudante se torna independente dessas representações para se comunicar, ou seja, quando ele adquire maior domínio de aspectos conceituais e do vocabulário específico para se expressar por meio do modo verbal.

Ainda em relação aos estudantes, eles se destacaram no uso das representações de um modo geral, nas situações explicativas em relação às argumentativas. Atribuímos esse resultado, principalmente, ao fato de os estudantes estarem mais habituados às explicações do que à argumentação, uma vez que a argumentação não é uma prática comum nas salas de aula em geral (Duschl & Osborne, 2002). Como afirmado anteriormente na revisão da literatura, para que os estudantes tenham mais facilidade com essa prática é necessário que ela se torne parte da cultura de sua sala de aula (Jiménez-Aleixandre, 2008), o que não era o caso da turma observada nessa pesquisa.

Assim como na argumentação, nos parece que muitas vezes o uso das representações ocorre se o mesmo é solicitado aos estudantes. Isto porque, Mendonça (2011) afirma que ao se iniciar em atividades de modelagem os estudantes desta turma apresentavam dificuldades inclusive em como utilizar materiais (bolinhas de isopor, palitos, massa de modelar) na elaboração de representações. Eles não sabiam, por exemplo, como juntar ou montar estruturas que representassem uma entidade ou fenômeno. Por outro lado, em nosso trabalho utilizamos dados da segunda experiência dos estudantes com modelagem. Talvez por isso eles tenham utilizado o modo concreto com mais frequência e, aparentemente, com mais

facilidade do que outros modos como o simbólico ou verbal, por exemplo, que eram mais comuns nas práticas diárias deles.

Considerando a segunda questão de pesquisa “Como a professora utiliza as representações em situações argumentativas e explicativas?” destacamos algumas características específicas das ações professora durante a realização da unidade didática.

Primeiramente, em relação às funções das representações mais recorrentes pela professora, destacamos *averiguar entendimento*. Embora outras funções também tenham sido comuns para a professora, esta em especial esteve relacionada diretamente com o papel desempenhado por ela ao longo das situações discursivas, em especial a argumentativa. Ao questionar os alunos sobre aspectos implícitos na apresentação dos modelos ou que não estavam incoerentes com aspectos conceituais, a professora promoveu um momento de reflexão dos estudantes acerca de seus modelos. Assim, afirmamos que a professora se posicionava criticamente nas discussões e apresentações dos modelos, conduzindo os estudantes a reformulações dos modelos (quando havia incoerências) ou à confirmação dos mesmos (quando eles eram adequados).

Coerentemente com o que discutimos no parágrafo anterior, identificamos que, nas situações argumentativas, a professora utilizou as representações mais frequentemente do que os estudantes. Entendemos que o posicionamento crítico que destacamos e o papel de fomentadora das argumentações podem ter conduzido a professora a utilizar mais as representações para se fazer compreender pelos grupos durante seus questionamentos.

Reconhecemos que o papel da professora foi crucial para o desencadeamento das situações argumentativas, sendo que o tempo de experiência dela como professora e com atividades investigativas possivelmente foi facilitador para a aplicação da unidade didática com sucesso. No entanto, assim como destacado por Driver *et al.*, (2000), a condução de atividades que demandam discussões nas salas de aula, trabalhos em grupo etc. (como unidades didáticas de modelagem), não é uma tarefa considerada fácil por muitos professores. Portanto, acreditamos que é necessário um trabalho específico na formação dos professores e a produção de trabalhos que possam auxiliá-los na execução de atividades daquela natureza. Contextos em que iniciativas desta natureza foram promovidas (Figueirêdo & Justi, 2011; Justi, Chamizo, Franco, & Figueirêdo, 2011) se mostraram muito importantes na promoção do

desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo sobre modelagem de professores do ensino médio.

Especificamente em relação aos modos representacionais mais utilizados pela professora, percebemos uma coerência com a literatura. Isto porque, Gilbert (2005) afirma que os modos concreto, visual e simbólico são os mais comuns nas ciências, sendo que foram estes os modos que a professora mais utilizou nas discussões com os estudantes.

Finalmente, considerando a última questão de pesquisa “Como a professora contribui para que os estudantes utilizem as representações”, destacamos algumas ações da professora que de alguma forma podem ter favorecido o uso das representações pelos estudantes.

Em alguns momentos, identificamos que a professora utilizou uma representação em detrimento de termos científicos do conteúdo específico (por exemplo, no quadro 5.16, função *substituir o vocabulário*). Nesses casos, acreditamos que a professora procurou manter a mesma forma de comunicação (que as vezes não era o modo verbal) que o grupo havia iniciado nas discussões – o que aconteceu em alguns diálogos em que os estudantes não dominavam o vocabulário científico. No entanto, ao fazer isso, além de facilitar a comunicação, acreditamos que a professora favorecia o uso das representações pelos estudantes, pois eles eram motivados a se comunicar em outros modos (diferentes do verbal) em que também eram compreendidos pela professora, que passava a se expressar nesse(s) novo(s) modo(s).

Outra ação da professora que podemos destacar como motivadora do uso das representações pelos estudantes foi o fato de ela buscar mais informações e questionar os grupos sobre aspectos específicos de seus modelos. Ao fazer isso, ela utilizava o próprio modelo para questioná-los e, assim, também induzia os estudantes a explicar esses aspectos utilizando o modelo. Isto implicou, inclusive, no fato de os estudantes utilizarem os modelos com a função de *explicar* mais do que a professora (como evidenciado no quadro 5.16).

Percebemos ainda que a professora utilizou diversos modos representacionais sempre que as discussões demandavam uma variação nesses modos. Em alguns momentos, a professora recorria a um modo representacional diferente do que havia iniciado a discussão, buscando ser mais clara ou facilitar o entendimento dos estudantes. Em outros momentos, os próprios estudantes buscavam modos representacionais diferentes e a professora se adequava a eles para favorecer a comunicação com os grupos. Acreditamos que essas ações da professora contribuíram para que, além de utilizar as representações, os estudantes

utilizassem modos representacionais variados. Ressaltamos que não havia intencionalidade prévia da professora em usar determinada forma de representação, isto é, a pesquisadora que coletou os dados não induziu a professora sobre quais modos representacionais utilizar (além do que era solicitado aos estudantes nas atividades), e nem discutiu com ela sobre isso, pois não era objetivo de sua pesquisa. Isto reforça a importância de o professor ter determinadas habilidades pedagógicas para conduzir atividades investigativas e também o fato de que diversos modos representacionais ocorrem de forma natural e, ao mesmo tempo, propositalmente no ensino de química que visa favorecer a construção social do conhecimento científico.

Embora essas ações da professora tenham sido essenciais para favorecer o processo de modelagem e o uso de diferentes modos representacionais, consideramos que se a professora não tivesse a experiência docente (descrita na seção Coleta de dados e amostra, capítulo 4), provavelmente não teríamos observado o mesmo desempenho dos estudantes na realização da unidade didática. Isto porque tais ações (por exemplo, questionar mais os estudantes, não fornecer as respostas de suas dúvidas diretamente, dar sugestões aos estudantes sobre os aspectos mais pertinentes à discussão e que merecem mais atenção) não são explicitamente sugeridas nas atividades; são iniciativas da própria professora que, estando atenta às situações, percebeu as ações que elas demandavam. Acreditamos que essa capacidade de percepção das situações que podem acontecer durante atividades investigativas seja um conhecimento que se adquire principalmente na prática e a partir da reflexão sobre a mesma.

### **Principais Contribuições e Implicações Deste Trabalho**

Acreditamos que nosso trabalho traz algumas contribuições para o ensino de ciências em relação às representações e o seu uso em diferentes situações discursivas. Em especial, no caso da argumentação, é reconhecida a necessidade de se estudar aspectos multimodais nesse tipo de discurso (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008). Assim, acreditamos que o nosso trabalho traz contribuições aos estudos que relacionam a argumentação e a multimodalidade.

Outra contribuição de nosso trabalho é para a discussão acerca da delimitação de situações argumentativas e explicativas. Na literatura atual, encontramos discussões interessantes sobre as diferenças, semelhanças e confusões envolvendo essas práticas (Berland & McNeill, 2012; Berland & Reiser, 2008; Osborne & Patterson, 2011, 2012). Assim

como Osborne e Patterson, quando eles criticam trabalhos que apresentam confusão entre os elementos comuns de um argumento (por exemplo, evidência e conclusão), concordamos que explicar e argumentar são práticas epistêmicas diferentes. No entanto, reconhecemos a coerência de Berland e Reiser (2008) na proposição do *processo de construção e defesa de explicações científicas* (marcado pelos objetivos de dar sentido ou significação, raciocínio e persuasão) quando pensamos não só na construção de explicações, mas também na defesa destas por meio da argumentação. Destacamos essa construção de explicações e a defesa das mesmas por meio de argumentos porque esses autores não deixam claro essa separação, uma vez que, ao denominar esse processo, mencionam apenas *explicações*. Além disso, assim como Osborne e Patterson (2011), acreditamos que durante um processo de argumentação pode haver a proposição de uma ou várias hipóteses explicativas acerca de um tema, e que ao final daquele processo pode-se concluir com uma explicação bem estabelecida, aceita pelos indivíduos que argumentaram em relação a um tema específico. Em suma, nosso trabalho, a partir do delineamento das situações argumentativas e explicativas, buscou dar coerência a pontos divergentes ou confusos na literatura atual que trata da relação entre essas práticas da ciência. Os dados empíricos se mostraram fundamentais para demonstrar a sinergia entre essas práticas, ou seja, o processo de construção e defesa de explicações científicas. Este trabalho ainda contribuiu para esse debate porque evidenciou o papel de representações como essenciais para esse processo e o de atividades de modelagem como fomentadoras do mesmo.

Além disso, acreditamos que o presente estudo das ações da professora possa ser utilizado para trabalhos futuros em relação à formação de professores pois entendemos que, por meio de trabalhos específicos durante a formação dos professores, é possível o desenvolvimento de conhecimentos importantes para a prática docente. Nesse caso, é possível a discussão da importância das representações no ensino de química aliadas a atividades de modelagem a partir de exemplos de sala de aula, o que poderia contribuir para uma futura prática docente mais consciente.

Aproveitamos também para ressaltar as diversas contribuições das atividades de modelagem. Em outros trabalhos já foram comprovados a evolução dos estudantes em relação a aspectos conceituais (por exemplo, Maia & Justi, 2009b; Mendonça & Justi, 2009a, 2011) e na elaboração de argumentos (por exemplo, Mendonça 2011), o desenvolvimento de habilidades relacionadas à competência representacional (por exemplo, Gilbert et al., 2010;

Queiroz, 2009) etc. Acreditamos que nosso trabalho evidencia outras possibilidades das atividades de modelagem, pois mostramos que em uma turma regular de ensino médio da rede pública podemos identificar situações argumentativas e explicativas diversificadas, envolvendo aspectos conceituais e das representações. Mostramos também que os estudantes podem utilizar representações com várias funções em situações discursivas durante modelagem e, ainda, que aquelas eram de diferentes modos representacionais, coerente com o que se espera do ensino de química – uma ciência que demanda o uso de representações diversificadas (diferentes modos e submodos representacionais). Nesse sentido, nosso trabalho significa uma contribuição importante para a literatura da área pois, embora existam alguns trabalhos que contemplem alguns desses aspectos (por exemplo, Mendonça & Justi, 2013b; Padilha & Carvalho, 2011), não encontramos trabalhos na área de educação em ciências que abordassem essas três práticas simultaneamente.

No entanto, como em todo trabalho de pesquisa, além de conclusões reconhecemos que o desenvolvimento deste trabalho também resultou na emergência de outras questões de pesquisa que, se investigadas, podem gerar novos conhecimentos e, ao mesmo tempo, contribuir para a formação de professores e o ensino de ciências como um todo. Dentre elas, destacamos: Como e/ou quando os estudantes se tornam independentes de representações não verbais para se expressar? Como incentivar o uso de representações em situações de ensino diferentes da modelagem?

Em relação à primeira questão, em nosso trabalho, percebemos a dependência de alguns estudantes em relação aos modelos concretos para se expressar devido às suas dificuldades com o vocabulário científico. No entanto, não conseguimos identificar se eles superaram essas dificuldades, em qual momento e como isso aconteceu. Mas investigar mais detalhadamente este aspecto seria importante, porque muitas vezes os estudantes são solicitados e se expressar na forma verbal (oral ou escrita) – o que é mais comum nas salas de aula tradicionais –, e, nesses casos, essa tenderia a ser uma tarefa dificilmente executada por eles.

A segunda questão seria interessante, pois forneceria um comparativo para o nosso trabalho. Isto porque, em nossa pesquisa trabalhamos exclusivamente com uma unidade didática fundamentada em modelagem, a qual pode favorecer a elaboração e uso de representações. No entanto, o desempenho dos estudantes em relação às representações em outros tipos de atividades deve ser investigado, porque assim outras possibilidades para o

professor trabalhar e desenvolver as habilidades representacionais dos estudantes podem ser apresentadas. Também nesse outro contexto, o sistema de categorias para funções das representações aqui apresentado se mostra como opção para investigação.

Finalmente, outra possibilidade de estudos para o futuro seria investigar se há alguma relação entre algumas das funções das representações e os objetivos no processo de construção e defesa de explicações (propostos por Berland & Reiser (2008), um dos referenciais utilizados nesse trabalho): dar sentido ou significação, raciocínio e persuasão. Embora existam outros trabalhos que contemplem o uso das representações na argumentação (por exemplo Carmo & Carvalho, 2012; Padilha & Carvalho, 2011), o referencial teórico da argumentação utilizado nos mesmos é o padrão de Toulmin e, nesses trabalhos, as representações são associadas aos elementos do argumento segundo tal padrão. A nosso ver, a utilização de referências teóricas como a de Berland e Reiser poderia fundamentar uma ampla discussão sobre esse tema.

Em todos os casos, acreditamos que as novas possibilidades de estudo aqui destacadas enfatizam que o conhecimento nesta área ainda tem muito a evoluir e, conseqüentemente, a contribuir para a melhoria da formação de professores e do ensino nas salas de aula. Este trabalho foi uma primeira contribuição neste sentido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS. (1999). *Science for All Americans: A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington: DC: Oxford University Press.
- Baker, M. (2009). Argumentative Interactions and the Social Construction of Knowledge. In N. M. Mirza & A. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices* (pp. 127-144). New York: Dordrecht: Springer.
- Berland, L.K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94.
- Berland, L.K., & McNeill, K.L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808 - 813.
- Berland, L.K., & Reiser, B.J. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 539-669.
- Brewer, W.F., Chinn, C.A., & Samarapungavan, A. (2000). Explanation in scientists and children. In F. C. Keil & R. A. Wilson (Eds.), *Explanation and cognition* (pp. 279-298). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Carmo, A.B., & Carvalho, A.M.P. (2012). Múltiplas linguagens e a matemática no processo de argumentação em uma aula de física: Análise dos dados de um laboratório aberto. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 209-226.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7ª ed.). London and New York: Routledge.
- Correa, H.L.S. (2011). *Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém formados na Universidade Federal de Minas Gerais*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Cross, D., Taasobshirazi, G., Hendricks, S., & Hickey, D. (2007). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education*, 30(6), 837-861.
- DfEE. (1999). *Science in the National Curriculum*. London: HMSO.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R., & Kirsten, E. (2009). Argumentation and Epistemic Criteria: Investigating Learners' Reasons for Reasons. *Educación Química*, 20(2), 111-118.

- Duschl, R., & Osborne, J.F. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 37-41.
- Erduran, S., & Duschl, R. (2004). Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), 105-138.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M.P. (2008). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27): Dordrecht: Springer.
- Figueirêdo, K.L., & Justi, R. (2011). Uma Proposta de Formação Continuada de Professores de Ciências buscando Inovação, Autonomia e Colaboração a partir de Referenciais Integrados. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(1), 169-190.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and Modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27): Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J.K., Boulter, C., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17): Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, J.K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998a). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J.K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998b). Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears? *International Journal of Science Education*, 20(2), 187-203.
- Gilbert, J.K., Justi, R., & Queiroz, A.S. (2010). The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding. In M. F. Taşar & G. Çakmakçı (Eds.), *Contemporary Science Education Research: International Perspectives* (pp. 43-51): Ankara, Turkey: Pegem Akadem.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2008). Designing Argumentation Learning Environment. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education* (pp. 91-115): Dordrecht: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave: Competências en argumentation y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Johnstone, A.H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Justi, R. (2006). La Enseñanza de Ciencias basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química*, 20, 32-40.

- Justi, R., Chamizo, J.A., Franco, A.G., & Figueirêdo, K.L. (2011). Experiencias de formación de profesores latinoamericanos de ciencias sobre modelos y modelaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 413-426.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2002a). Modelling, Teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Kelly, G.J., & Duschl, R. (2002). *Toward a research agenda for epistemological studies in science education*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.
- Kozma, R.B. (2003). Material and social affordances of multiple representations for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Kozma, R.B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R.B., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145): Dordrecht: Springer.
- Kress, G., Ogborn, J., & Martins, I. (1998). A satellite view of language: Some lessons from science classrooms. *Language Awareness*, 7(2), 69-89.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. New York: Cambridge University.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning Science as Argument. *Science Education*, 94(5), 810-824.
- Lemke, J. (1998a). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading Science* (pp. 87-113). Londres: Routledge.
- Lemke, J. (1998b). Teaching all the languages of science: words, symbols, images and actions. <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/sci-ed.htm>.
- Maia, P.F., & Justi, R. (2009a). Desenvolvimento de Habilidades em Atividades de Modelagem. *Enseñanza de Las Ciencias*, 27(extra), 776-779.
- Maia, P.F., & Justi, R. (2009b). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling based Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 371-386.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal Science Teachers' Discourse in Modeling the Water Cycle. *Science Education*, 90(2), 202-226.

- Martins, I., Ogborn, J., & Kress, G. (1999). Explicando uma explicação. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(1), 1-14.
- McNeill, K.L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Education*, 48(7), 793-823.
- McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Education*, 45(1), 53-78.
- MEC. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio - parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: SEMTEC.
- MEC. (2001a). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química*. Brasília: Conselho Nacional de Educação.
- MEC. (2001b). *Parâmetros Curriculares Nacionais +*. Brasília: SEMTEC.
- Mendonça, P.C.C. (2011). *Influência de atividades de modelagem na qualidade de argumentos de estudantes de química do ensino médio*. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Mendonça, P.C.C., & Justi, R. (2009a). Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte 2. *Educación Química*, 20(3), 373-382.
- Mendonça, P.C.C., & Justi, R. (2009b). Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem Parte 1. *Educación Química*, 20(3), 282-293.
- Mendonça, P.C.C., & Justi, R. (2011). Contributions of the 'model of modelling' diagram to the learning of ionic bonding: analysis of a case study. *Research in Science Education*, 41, 479-503.
- Mendonça, P.C.C., & Justi, R. (2013a). Ensino e Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais a partir de Revisão Crítica da Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(1), 187-216.
- Mendonça, P.C.C., & Justi, R. (2013b). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- Mozzer, N.B., Queiroz, A.S., & Justi, R. (2007). *Proposta de ensino de introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem*. Trabalho apresentado no VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, Brasil.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J.F. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Norris, S.P., Guilbert, S.M., Smith, M.L., Hakimelahi, S., & Phillips, M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89(4), 535-563.

- NRC. (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D. C.: The National Academies Press.
- Osborne, J.F., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J.F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638.
- Osborne, J.F., & Patterson, A. (2012). Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, 96(5), 814-817.
- Padilha, J.N., & Carvalho, A.M.P. (2011). Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(2), 25-40.
- Piccinini, C., & Martins, I. (2004). Comunicação em sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(1), 26-40.
- Queiroz, A.S. (2009). *Contribuições do Ensino de Ligação Iônica Baseado em Modelagem ao Desenvolvimento da Capacidade de Visualização*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Reiner, M., & Gilbert, J.K. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22, 489-506.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Souza, V.C.A., & Justi, R. (2012). Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10(2), 1-26.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G., & Mamiala, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Vieira, R.D., & Nascimento, S.S. (2009). Uma proposta de critérios marcadores para a identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(1), 81-102.
- von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J.F., & Simon, S. (2008). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.

- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Education*, 39(1), 35-62.

**ANEXO****Unidade Didática de Interações Intermoleculares****Atividade 1. Aquecendo iodo e grafite**

- ★ Para a realização desta atividade, seu grupo receberá amostras de iodo ( $I_2$ ) e grafite ( $C_{(graf)}$ ). Vocês deverão aquecer as duas substâncias. Porém, **antes** de realizar esse procedimento, façam uma previsão do que deve acontecer com cada uma delas, anotando-as no quadro a seguir:

Substância	Previsões	
	Durante o aquecimento	Durante o aquecimento
Iodo		
Grafite		

- ★ Coloque cada uma das amostras dentro de um tubo de ensaio. Aqueça cada uma delas por 3 minutos, anotando suas observações no quadro a seguir:

Substância	Observações	
	Durante o aquecimento	Durante o aquecimento
Iodo		
Grafite		

**Questões:**

- 1) Como você explica as observações feitas?
- 2) Existiram divergências entre suas previsões iniciais e as observações feitas? Responda sim ou não.
- 3) Em caso de resposta afirmativa no item 2, por que você acha que tais divergências ocorreram?
- 4) Qual é o papel do calor nesse aquecimento?
- 5) Por que as duas transformações foram diferentes?

### Atividade 2. Elaborando modelos para o aquecimento do iodo e do grafite

- ★ Seu grupo receberá diversos tipos de materiais como: bolinhas de isopor, palitos de dente, massinha, lápis de cor etc.
  - 1) Pensando nos átomos constituintes das duas substâncias (iodo e grafite), elaborem modelos que expliquem o que aconteceu com cada um dos sistemas **antes, durante e após** o aquecimento. Utilizem o material disponível para construir seus modelos.
  - 2) Faça desenhos que representem, da forma mais completa, os modelos que vocês construíram.
  - 3) Você consegue explicar, através dos modelos que seu grupo elaborou, o que aconteceu com o grafite e o iodo **antes, durante e após** o aquecimento? **Justifique.**

### Atividade 3. Observando a reação do iodo com o amido

- ★ Nesta atividade você observará uma reação química que serve como teste para detectar a presença de amido em alimentos. Trata-se da reação entre o iodo e o amido, a qual é evidenciada pelo aparecimento da cor azul.
- ★ Seu grupo receberá amostras de pão, batata e amido de milho, além de um frasco contendo tintura de iodo (solução).
  - 1) Adicione uma gota dessa solução de iodo em cada uma dessas amostras. **Explique** os resultados observados.
- ★ Seu grupo receberá um tubo de ensaio contendo iodo sólido, e uma amostra de amido de milho. Receberá também um cotonete. Umedeça o cotonete em água e passe-o sobre o amido de milho, de forma que um pouco deste fique grudado na ponta do cotonete.
  - 1) **Antes** que você realize o teste, responda:

Se o iodo, após o aquecimento, estiver de acordo com o modelo proposto pelo seu grupo, o que podemos esperar de sua reação com amido? **Justifique.**
  - 2) Agora aqueça a amostra de iodo, deixando a ponta do cotonete na boca do tubo de ensaio. Faça isto até que o iodo sublima.

Anote suas observações.

#### Questões:

- 1) As observações feitas através do teste realizado estão de acordo com o que seu grupo previu?
- 2) Seu modelo é capaz de explicar essas observações? **Porquê?**

#### Atividade 4. Aquecendo o açúcar

- ★ Na atividade anterior, concluímos que a substância iodo é formada por moléculas de fórmula  $I_2$ . O açúcar, cuja fórmula é  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , também é formado por moléculas. Entretanto, ao ser aquecido, o açúcar funde-se, mas rapidamente carameliza-se.

- 1) Seu grupo receberá uma amostra de açúcar. Aqueça-a e anote suas observações no quadro abaixo.

Antes do aquecimento	Durante o aquecimento	Após o aquecimento

- 2) Baseando-se no que foi discutido, elabore um modelo para a substância açúcar que explique (considerando as ligações rompidas e o gasto de energia envolvido) por que os dois processos ocorrem.

#### Atividade 5. Comparando substâncias moleculares

- ★ Substâncias como o iodo e o açúcar são chamadas **substâncias moleculares**. Na tabela a seguir, você observa dados sobre as temperaturas de fusão e ebulição de diversas outras substâncias moleculares conhecidas.

Substância	Fórmula	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Oxigênio	$O_2$	- 218	- 183
Cloro	$Cl_2$	-102	-34
Flúor	$F_2$	- 223	- 187
Metano	$CH_4$	-182	-162
Amônia	$NH_3$	-78	-33
Álcool comum	$C_2H_5OH$	- 117	78,3
Acetona	$C_3H_6O$	- 95	56,1
Bromo	$Br_2$	- 7,3	58,8
Água	$H_2O$	0	100
Naftaleno	$C_{10}H_8$	80	218
Iodo	$I_2$	114	183
Açúcar	$C_{12}H_{22}O_{11}$	185/186	-

Fontes: *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 1973.

SOLOMONS, G. e FRYHLE, C.O. *Química orgânica*. v. 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

OHLWEILER, O. A. *Química inorgânica*. Brasília: Edgard Blücher, 1973.

Sabendo que todas as substâncias do quadro são moleculares, como você explica o fato de algumas terem temperaturas de fusão e ebulição baixas e outras altas?